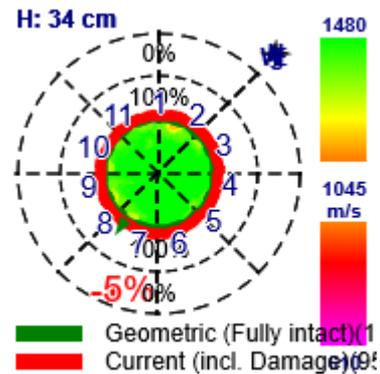
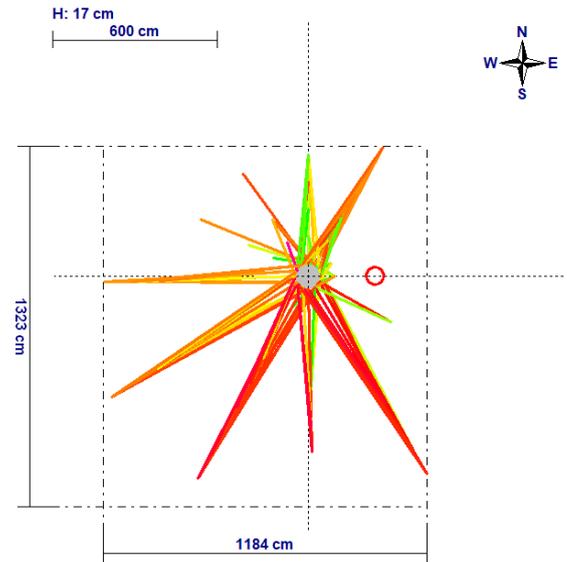


JULIO DE 2022



INFORME SOBRE ESTUDIO BIOMECÁNICO, ESTRUCTURAL, ESTADO SANITARIO Y RADICULAR DE UNA ACACIA SINGULAR

VELILLA DE SAN ANTONIO

SDL, INVESTIGACIÓN Y DIVULGACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE, S.L
WWW.SDLMEDIOAMBIENTE.COM

INDICE

1.	ANTECEDENTES	2
2.	METODOLOGÍA EMPLEADA EN EL ESTUDIO DEL EJEMPLAR.....	4
2.1.	Interpretación de la estabilidad del árbol con el programa ARBORSTAPP	5
2.2.	Estudios con tomografía sónica	7
3.	DESCRIPCIÓN DEL EJEMPLAR Y PROBLEMÁTICA DETECTADA	8
	Acacia singular de Velilla de San Antonio (<i>Gleditsia triacanthos</i>).....	8
4.	ESTUDIO DE VIENTOS	16
4.1.	Genéricos.....	16
4.2.	Locales	17
5.	TOMOGRAFÍAS	22
5.1.	Tomografía de tronco.....	22
5.2.	Tomografía de raíces.....	26
6.	ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL ÁRBOL	31
7.	CONCLUSIONES	33
	BIBLIOGRAFIA.....	34
	Suposiciones y condiciones limitantes del informe	35
	ANEXOS: FORMULARIO DE EVALUACIÓN BÁSICA DE ARBOLADO	36

1. ANTECEDENTES

Se redacta el presente informe a petición del Ayuntamiento de Velilla de San Antonio, con el fin de diagnosticar el estado estructural y sanitario de un ejemplar de acacia singular (*Gleditsia triacanthos*) situada en el interior del casco urbano de Velilla de San Antonio.

Se trata de un ejemplar de grandes dimensiones que difícilmente se pueden encontrar en núcleos urbanos y que aporta innumerables beneficios ambientales a los vecinos de Velilla. Su ubicación entre edificios, genera diferentes problemáticas relacionadas con la falta de espacio y la interferencia con el ámbito privado, cuestiones que deben tenerse en cuenta en la gestión del arbolado.

En el ámbito urbano, dado el tránsito elevado de personas y vehículos, se debe mantener un seguimiento continuado del arbolado para minimizar los riesgos, especialmente en el caso de ejemplares de gran tamaño, como la acacia objeto de estudio.

El objetivo de este informe es realizar un diagnóstico detallado del estado actual del ejemplar, identificar posibles anomalías en su estructura que puedan implicar un riesgo y determinar unas líneas de actuación adecuadas y bajo criterios técnicos que permitan:

- Solventar las carencias detectadas.
- Minimizar los riesgos sobre personas o bienes inmuebles.
- Favorecer el desarrollo del árbol y contribuir a su conservación en las mejores condiciones posibles, ya que representa un monumento natural que aporta múltiples beneficios ecosistémicos a los habitantes de Velilla de San Antonio.



Imagen 1. Ubicación del ejemplar objeto de estudio respecto al núcleo urbano de Velilla de San Antonio.

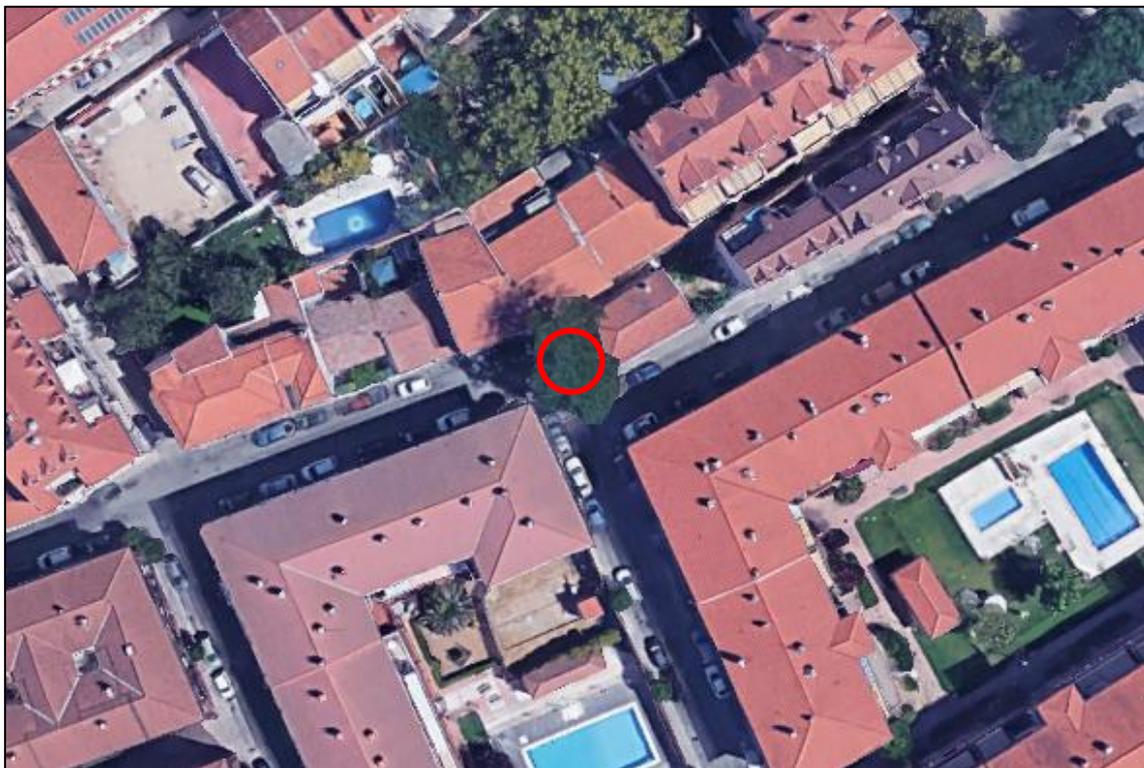


Imagen 2. Plano detalle de la ubicación del ejemplar en las calles de Velilla de San Antonio.

2. METODOLOGÍA EMPLEADA EN EL ESTUDIO DEL EJEMPLAR

La metodología empleada para estudiar el ejemplar se basa en el método V.T.A. (Visual tree assessment), un método de examen visual desarrollado por Claus Mattheck (1994), basado en los principios de la biomecánica. Este método tiene tres etapas:

1. - Inspección visual para identificar síntomas de defectos y la vitalidad del árbol. Si no existen síntomas de defectos la investigación ha concluido.
- 2.- Confirmación a través de un examen riguroso de la sospecha de un defecto en base a sus síntomas externos.
- 3.- Si se confirma el defecto y es motivo de preocupación, debe medirse y evaluarse el estado y consecuencias del defecto.

Para evaluar cada árbol se ha rellenado una ficha de evaluación de arbolado, con una serie de medidas propuestas, a la vista de los resultados. El diseño, de la ficha se basa en un modelo adaptado de evaluación de riesgo de arbolado de la Asociación Internacional de Arboricultura (I.S.A.)

Con el objetivo de conocer la estructura del árbol se realiza una inspección sonora con martillo. Este método consiste en la exploración del tronco y la cruz por medio de un martillo provocando un sonido que ofrece una idea de la consistencia de la madera. El sonido denotará indicios de pudrición y oquedades (sonido hueco o poco consistente) o buen estado de la madera (si el sonido es firme).

La fase tercera del método (la instrumentalización con aparatos para detectar aspectos ocultos del arbolado) se realiza, generalmente, en aquellos árboles en los que existen dudas sobre el estado interior de su tronco o se necesita certificar el grado y estado de sus raíces. En el caso de sospechar problemas estructurales internos se realizarán tomografías sónicas según la metodología descrita a continuación (2.2). En los casos que existan dudas sobre la estabilidad de los ejemplares se realizarán evaluaciones de fuerza del viento con el programa ARBORSTAPP según metodología descrita en el apartado 2.1.

En este caso, se le ha realizado una tomografía de base y de su sistema de raíces para comprobar el estado y situación del sistema radical.

A su vez, en este estudio, se han tenido en cuenta todos los factores que influyen en la estructura y estado sanitario del árbol. Su estado morfológico, estructural, fitosanitario,

su comportamiento biomecánico, su diana, su valor estético, ornamental. Con el objeto de aportar todas las recomendaciones necesarias para mejorar su estructura y estado sanitario del mismo.

2.1. Interpretación de la estabilidad del árbol con el programa ARBORSTAPP

El programa ARBORSTAPP analiza la reacción de árboles individuales expuestos a un viento de la velocidad nivel 12 de la escala Beaufort. Se analiza la resistencia a la rotura y torsión de todo el árbol, excepto la rotura de la copa y la resistencia al desarraigo por problemas de raíz. Este método complementa los resultados obtenidos en los resultados aportados por la tomografía, ayudando a interpretar los posibles problemas de rotura o caída que pudiera tener el árbol por sus problemas estructurales.

Este método calcula el índice BSV (Basic Stability Value) índice mucho más completo, que valora el efecto de un viento de 120 km/h (nivel 12 en la escala de Beaufort) estudiando los parámetros morfológicos del árbol aislado (altura total, altura de la primera rama de la copa afectada por el viento, diámetro de copa, excentricidad, tipo de zona afectada por el viento, etc.). El nivel de estabilidad viene dado por un número que dependiendo de su nivel muestra color diferente: rojo que indica BAJA ESTABILIDAD, naranja que indica ESTABILIDAD DE PRECAUCIÓN y un nivel verde ESTABILIDAD ADECUADA.

Este método también calcula si es precisa la reducción de copa para poder dar al árbol una mayor estabilidad mecánica.

INFORME SOBRE ESTUDIO BIOMECÁNICO, ESTRUCTURAL, ESTADO SANITARIO Y RADICULAR DE UNA ACACIA SINGULAR

Número de Beaufort	Velocidad del viento (km/h)	Nudos (millas náuticas/h)	Denominación	Aspecto del mar	Efectos en tierra
7	50 a 61	28 a 33	Frescachón (Viento fuerte)	Mar gruesa, con espuma arrastrada en dirección del viento	Se mueven los árboles grandes, dificultad para caminar contra el viento
8	62 a 74	34 a 40	Temporal (Viento duro)	Grandes olas rompientes, franjas de espuma	Se quiebran las copas de los árboles, circulación de personas muy difícil, los vehículos se mueven por sí mismos.
9	75 a 88	41 a 47	Temporal fuerte (Muy duro)	Olas muy grandes, rompientes. Visibilidad mermada	Daños en árboles, imposible caminar con normalidad. Se empiezan a dañar las construcciones. Arrastre de vehículos.
10	89 a 102	48 a 55	Temporal duro (Temporal)	Olas muy gruesas con crestas empenachadas. Superficie de la mar blanca.	Árboles arrancados, daños en la estructura de las construcciones. Daños mayores en objetos a la intemperie.
11	103 a 117	56 a 63	Temporal muy duro (Borrasca)	Olas excepcionalmente grandes, mar completamente blanca, visibilidad muy reducida	Destrucción en todas partes, lluvias muy intensas, inundaciones muy altas. Voladura de personas y de otros muchos objetos.
12	+ 118	+64	Temporal huracanado (Huracán)	Olas excepcionalmente grandes, mar blanca, visibilidad nula	Voladura de vehículos, árboles, casas, techos y personas. Puede generar un huracán o tifón

Tabla 1. Escala de Beaufort. Velocidad del viento, tipo de viento y efectos ocasionados.

2.2. Estudios con tomografía sónica

La tomografía se basa en la detección de problemas estructurales internos de resistencia del árbol que no son apreciables a simple vista. Las diferentes especies de árboles tienen una anatomía distinta y por tanto varían sus propiedades físicas y tienen influencia en la forma en que viajan los impulsos de sonido a través de la madera.

La estabilidad de los árboles y especialmente su fuerza, no es solo afectado por la calidad de la madera sino también por su forma geométrica.

El momento de resistencia depende de la forma de la muestra y la dirección de carga. A mayor momento de resistencia más capacidad tiene un árbol de resistir cargas altas de viento. La pudrición interna puede producir la disminución del momento de resistencia de un árbol. Si la pudrición alcanza al 50% del radio la resistencia del árbol puede verse afectada considerablemente. Por lo tanto, la forma precisa y la localización de la pudrición deben ser conocidos para poder evaluar adecuadamente la resistencia del ejemplar ante impulsos como los que proporciona el viento.

La tomografía de raíces se realiza con el módulo ARBORADIX que consiste en detectar las raíces mediante impulsos de sonidos, gracias a la colocación de un sensor móvil que se golpea, detectándose las conexiones con los sensores situados en el tronco. El sensor móvil consiste en una lanza que se coloca a diferentes distancias conocidas del tronco y siempre enfrente de cada uno de los sensores.

En el caso de la medición de raíces es importante reseñar que este módulo puede indicar la presencia, longitud y abundancia de raíces, pero no así la profundidad, ni el grosor de las mismas. Así mismo, puede aportar una idea del estado de las mismas, indicando posibles defectos que puedan existir en la madera.

Los gráficos del tomógrafo, tanto de tronco como de raíces, se interpretan con diferentes colores, siendo el color verde el que muestra el mejor estado de la madera hasta el rojo o fucsia intenso que corresponde al peor estado de la madera.

3. DESCRIPCIÓN DEL EJEMPLAR Y PROBLEMÁTICA DETECTADA

Se ha realizado un estudio estructural del ejemplar en cuestión, rellenando una ficha detallada que se puede consultar en Anexos. Con la estimación de la ficha se ha elaborado una serie de índices que valoran el árbol y su estructura y una serie de recomendaciones que se exponen a continuación.

Acacia singular de Velilla de San Antonio (Gleditsia triacanthos)

Se trata de un ejemplar maduro de *Gleditsia triacanthos*, de 16,2 metros de altura y 275 cm de perímetro normal, con vigor y vitalidad elevadas, lo que implica una buena compensación frente a impactos o daños en su estructura (una estructura que se describirá con detalle líneas abajo) Dicho árbol se encuentra dentro del casco urbano de Velilla de San Antonio, concretamente en la calle de la acacia nº 9.

El espacio de plantación es un alcorque de dimensión escasa para el árbol, ubicado en el interior de una acera que no cuenta con el espacio necesario para el paso de peatones. En posición este (E), a 1 m del ejemplar, se localiza la entrada del garaje de una vivienda, mientras que al oeste (W) se sitúa la carretera.

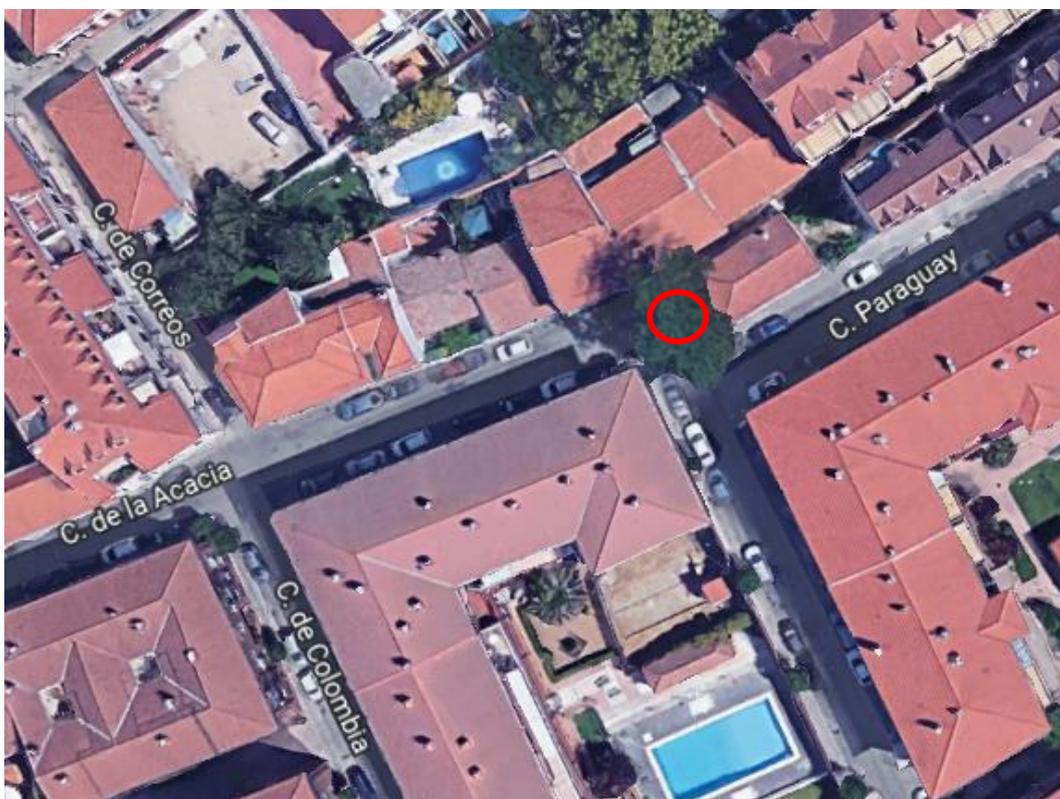


Imagen 3. Situación del árbol objeto de estudio en relación al casco urbano de Velilla de San Antonio.

Estructura del ejemplar

Es un ejemplar que se encuentra parcialmente desestructurado a consecuencia de un antiguo terciado realizado a 3 m. El árbol como respuesta ante una actuación intensa como el terciado, prioriza el crecimiento en altura y el desarrollo de múltiples rebrotes, comprometiendo el porte natural de la especie.

Anteriormente, el árbol estaba conformado por 5 cimales, de los cuales dos de ellos se perdieron:

- Uno se encontraba situado en posición noreste (NE) pegado a la fachada del edificio (Imagen 4)
- El segundo se ubicaba en posición norte (N) (Imagen 4)

En la actualidad, el árbol presenta un tronco grueso y robusto cuya cruz se localiza a 2,5 m de altura, a partir de la cual, se desarrollan los 3 cimales principales sobre los que se practicó el terciado (a 3 m) Las ramas se proyectan verticalmente alcanzando una altura muy elevada que llega a sobrepasar a los edificios contiguos, conformando una copa desorganizada, con una altura excesiva (gran vela) y ligeramente descompensada hacia el suroeste (SW)

En cuanto a su posición aerodinámica es buena en todas sus orientaciones, pero dada la estructura de las ramas y cimales, existe un gran brazo de palanca ante la acción del viento que debe analizarse con detalle en apartados posteriores.



Imagen 4. Izquierda: herida por pérdida de cimal noreste (NE); derecha: herida por pérdida de cimal norte (N)



Imagen 5. Copa muy elevada con un gran brazo de palanca ante la acción del viento.

Defectos, anomalías y estado del individuo

Se observan algunas raíces descubiertas y reviradas dentro del alcorque. Para evaluar el estado y distribución de las mismas de manera precisa se lleva a cabo una tomografía de raíces, cuyos resultados se muestran en el apartado 5.2.

El tronco se presenta grueso y robusto, cuenta con potentes cordones cambiales que se encargan de soportar la estructura del árbol, siendo una muestra de la elevada vitalidad y vigorosidad del árbol. Se realiza una evaluación sonora con martillo en los cordones, obteniendo un sonido muy consistente que representa una madera densa y resistente. En cuanto a defectos estructurales y heridas se localizan especialmente en la zona de la cruz:

- En posición norte (N) se detectan tres heridas con oquedades y pudrición interna. Heridas que han sido el resultado de antiguas podas, en las que se incluye la eliminación del cimbal norte (N)
Alrededor de las heridas se observan buenas paredes residuales, medida de compensación generada por el individuo (buena capacidad de respuesta ante impactos)
- En posición noreste (NE) se detecta otra herida con oquedad y pudrición interna, a consecuencia de la eliminación del cimbal noreste (NE) Homólogamente al caso anterior, el árbol ha desarrollado una buena pared residual que rodea al defecto.

Dichas heridas en la cruz, favorecen la penetración de la pudrición hacia el interior del tronco, pudiendo generar problemas estructurales en caso de que el ejemplar no sea capaz de realizar una buena compensación. Tal como se ha analizado, en la parte externa se observa que el ejemplar ha desarrollado una buena compensación de heridas y presenta una vitalidad alta, para evaluar el estado interno de la madera se realizan dos tomografías en el tronco, cuyos resultados se muestran en el apartado 5.1.

En cuanto a los ejes y brazos, las ramas se proyectan verticalmente sobre los tres cimales principales que cuentan con potentes cordones cambiales. El desarrollo en altura de la copa es excesivo, llegando a superar la altura de los edificios, lo que supone un brazo de palanca muy grande ante la acción del viento. Además, se visualizan múltiples reiterados con inserciones dudosas, otorgando un aspecto desorganizado a la copa y siendo necesaria una poda de selección de reiterados con el objetivo de potenciar una copa más cohesionada.

En la base de las ramas, se han detectado antiguas heridas de poda que el ejemplar está cerrando de manera adecuada mediante una buena pared residual (Imagen 8), tratándose de una nueva muestra de la buena capacidad de respuesta generada por la acacia.



Imagen 6. Izquierda: heridas con pudrición interna en posición norte; derecha: herida por pérdida de cimbal en posición noreste. En verde: buena pared residual y potentes cordones cambiales.

INFORME SOBRE ESTUDIO BIOMECÁNICO, ESTRUCTURAL, ESTADO SANITARIO Y RADICULAR DE UNA ACACIA SINGULAR



Imagen 7. En verde cordones cambiales que alimentan a los cimales y aportan resistencia estructural.



Imagen 8. Compensación de antiguas heridas de poda, con una buena pared residual (azul). También se observa la abundancia de reiterados (rojo)



Imagen 9. Izquierda: pared residual alrededor de la herida por la pérdida del cimbal noreste (NE); derecha: múltiples reiterados con malas inserciones.

El árbol objeto de estudio muestra un excelente estado fitosanitario y una vitalidad alta, tal como ha quedado patente en la descripción anterior.

Teniendo en cuenta, las heridas con pudrición existentes en la cruz, se decide llevar a cabo una tomografía en el tronco que permita observar el estado interno de la madera y comprobar si la pudrición se ha extendido a lo largo del tronco (apartado 5.1) De manera complementaria para valorar el estado y distribución del sistema radical se realiza una tomografía de raíces (apartado 5.2)

Dadas las características del árbol, donde el principal defecto detectado es la altura de la copa y el brazo de palanca generado en las ramas, se debe analizar exhaustivamente la variable correspondiente al viento. El viento tiene una gran influencia sobre los árboles, por ello se lleva a cabo un estudio de vientos en la zona objeto de estudio (apartado 4)

4. ESTUDIO DE VIENTOS

4.1. Genéricos

Debido a la importancia que tiene el viento en el comportamiento y estructura de los árboles se ha realizado un análisis de la velocidad y frecuencia del viento en la zona, teniendo en cuenta los datos proporcionados y dispuestos por las estaciones meteorológicas disponibles más cercanas, en este caso la EM de Torrejón de Ardoz.

- Histórico de vientos en estación meteorológica de Torrejón de Ardoz.

Se ha definido un periodo de tiempo comprendido entre 2000 y 2022, sobre el que observar los datos registrados. Tal como se muestra en el Gráfico 1 y en la Tabla 2, se ha registrado una racha máxima de viento que alcanza la escala 11 de Beaufort (104 km/h), un nivel de temporal muy duro, en la que puede haber árboles arrancados y daños severos en construcciones. Este registro tan elevado, se ha producido de manera puntual durante el mes de octubre de 2020 y en marzo de 2018, se tratan de episodios muy concretos, pero que pudieran repetirse en un futuro de manera esporádica. En un segundo escalafón, las rachas de viento más altas que han sido registradas, se sitúan en torno a los 90 km/h, valor representado por 10 en la escala Beaufort (temporal duro)

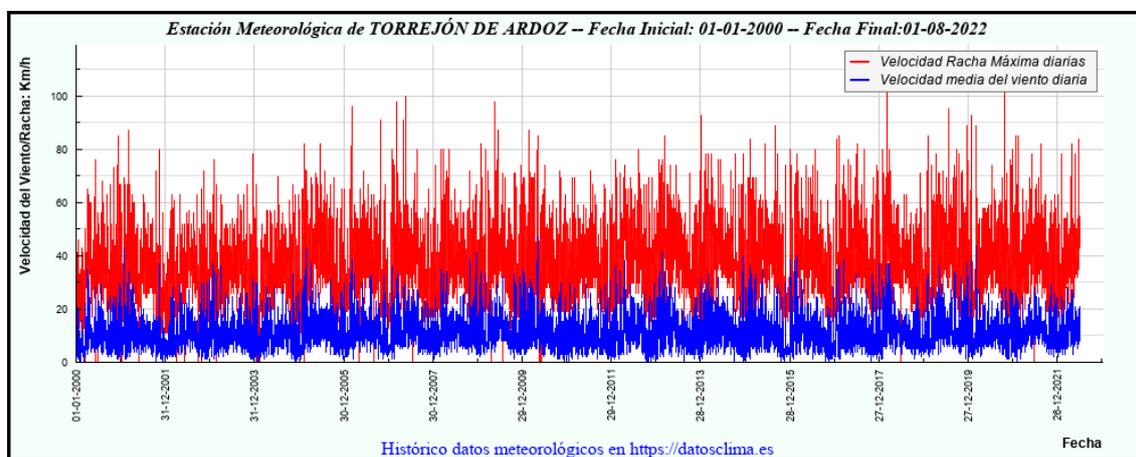


Gráfico 1. Rachas máximas diarias y velocidad media del viento en EM de Torrejón de Ardoz (2000-2022)

CARACTERÍSTICA / VALOR	(Velocidad m/s)	(Velocidad Km/h)	FECHA	HORA
Racha de Viento más alta Registrada:	28.9	104.04	20-10-2020	23:10
Velocidad Media más alta Registrada:	13.1	47.16	04-05-2010	

Tabla 2. Resumen de valores de viento a lo largo del periodo seleccionado (2013-2021) en EM Valdemorillo.

Se pretende evaluar el nivel de protección del árbol frente al viento, para comprobar e identificar aquellas orientaciones en la que existe una mayor vulnerabilidad ante la acción del viento, y, por ende, tener en cuenta dicha orientación en el momento de tomar las decisiones pertinentes.

A continuación, se muestra la rosa de los vientos de Velilla de San Antonio, donde se representan las diferentes direcciones en las que sopla el viento en dicho municipio (www.meteoblue.com) Tal como se observa en el Gráfico 2, los vientos dominantes (mayor número de horas al año que el viento sopla en la dirección indicada) proceden de orientaciones noreste (NE) y suroeste (SW) Además, las rachas de mayor intensidad coinciden con los vientos dominantes del suroeste (SW)

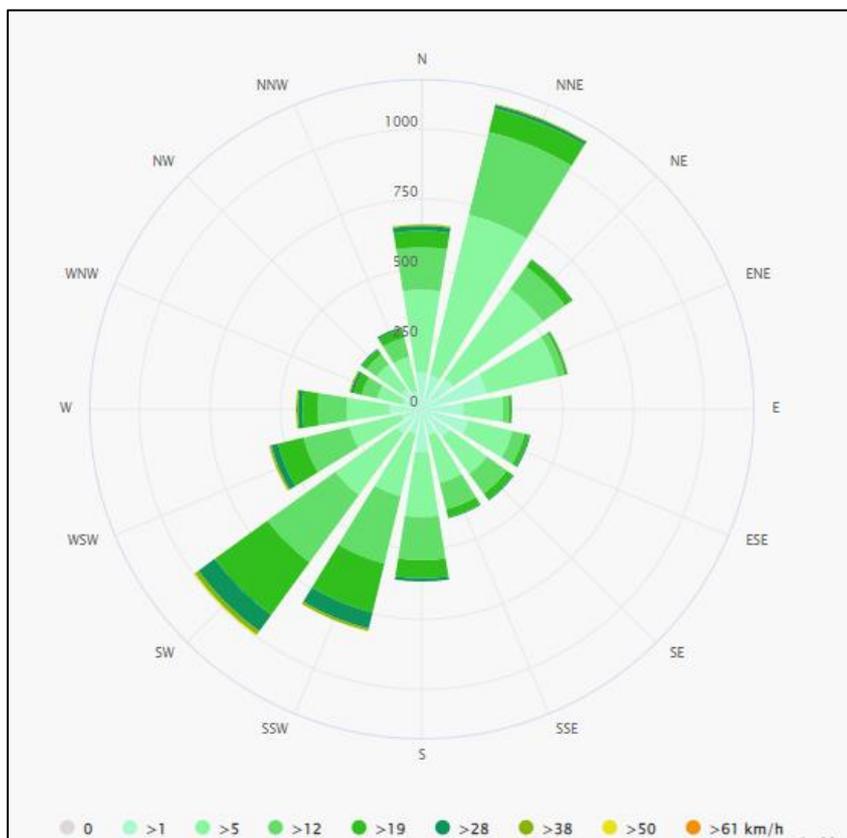


Gráfico 2. Rosa de los vientos Velilla de San Antonio (Fuente: meteoblue)

4.2. Locales

El ejemplar objeto de estudio se encuentra integrado en las calles del casco urbano de Velilla de San Antonio, rodeado de edificios con alturas inferiores a las del árbol en cuestión (altura edificios: entre 6 y 12 m de altura) Teniendo en cuenta que la copa de

la acacia sobresale por encima de los edificios, la protección otorgada por ellos será parcial.

Tal como se puede observar en la Imagen 10, la acacia objeto de estudio se encuentra parcialmente protegida de los vientos dominantes noreste (NE), por los edificios contiguos, sin embargo, dada la altura superior de la copa respecto a los edificios, la protección otorgada no es eficaz. Por otra parte, los vientos dominantes y de mayor intensidad procedentes del suroeste (SE), podrían transcurrir encajonados en la calle y tener una incidencia directa sobre el ejemplar objeto de estudio.



Imagen 10. Representación de vientos dominantes en la zona objeto de estudio. En rojo la ubicación del árbol; en negro vientos dominantes con protección parcial; en naranja vientos dominantes con mayor exposición.

Dada la estructura de la copa del ejemplar, con cimales muy elevados que se proyectan por encima de los edificios contiguos, se deben analizar las orientaciones de vientos dominantes de manera exhaustiva mediante fotografías.

En posición suroeste (SW), vientos dominantes y de rachas máximas, puede producirse un encajonamiento del viento a través del vial, lo que sumado a una altura de los edificios claramente inferior a la del árbol (Imagen 11 e Imagen 12), genera una gran exposición al viento. Los cimales elevados de la copa y la exposición al viento, conlleva un riesgo asociado derivado de la vela y del efecto palanca generado en la copa.

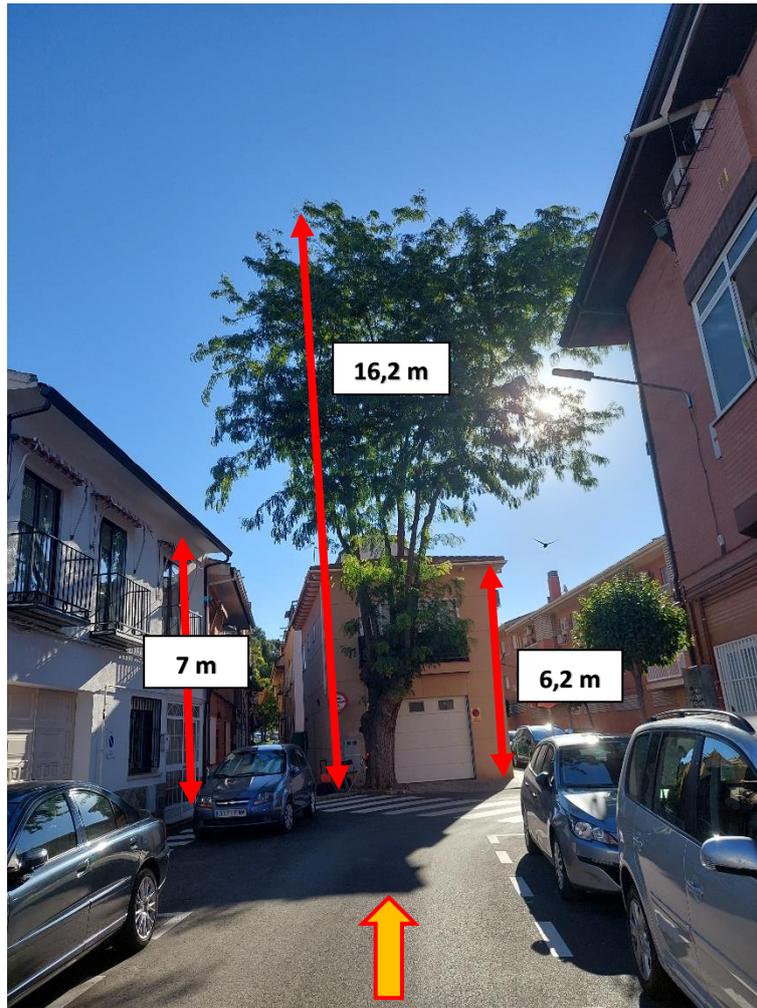


Imagen 11. Perspectiva desde el suroeste (SW), vientos encajonados en vial y edificios de menor altura que el ejemplar.

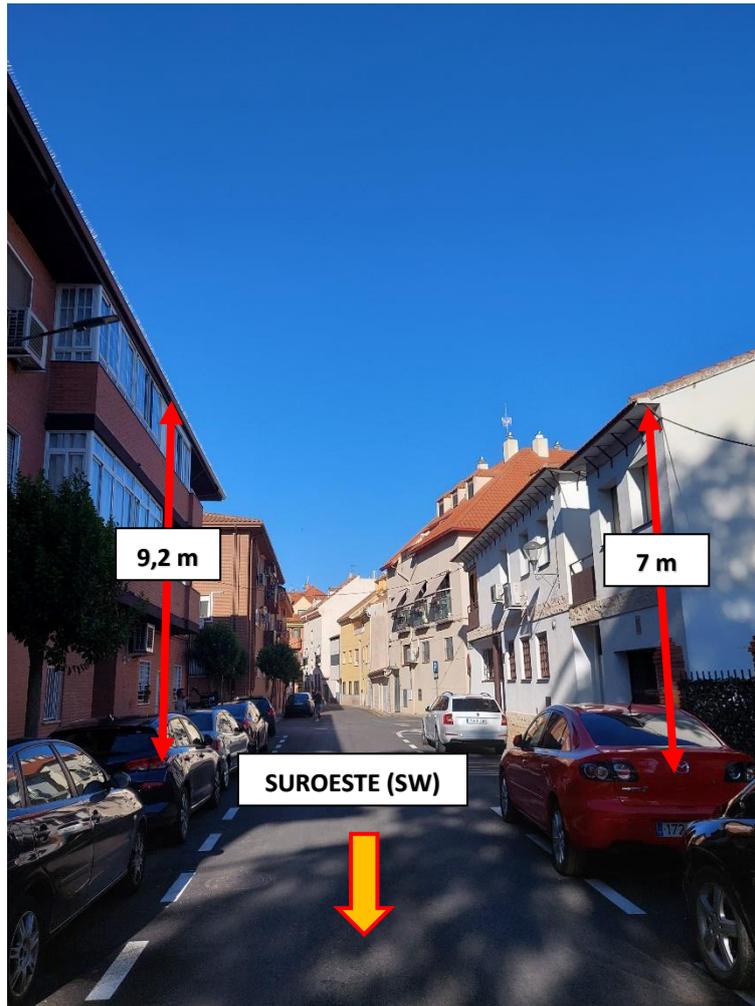


Imagen 12. Perspectiva del vial que se encuentra enfrente de la acacia y sobre el que se pueden encajonar los vientos del suroeste (SW)

Respecto a los vientos dominantes del noreste (NE) no existe una protección eficaz por parte de los edificios contiguos, ya que la copa del ejemplar se proyecta por encima de ellos (Imagen 13) La incidencia directa del viento sobre la parte superior de la copa, genera una gran fuerza de palanca sobre los cimales.

Ante esta situación, en la que el árbol no cuenta con una protección eficaz frente al viento y la estructura elevada de la copa favorece la presencia de un gran brazo de palanca en los cimales, se lleva a cabo un análisis con “ARBORSTAPP” para evaluar la resistencia a la rotura y torsión del árbol (apartado 6)

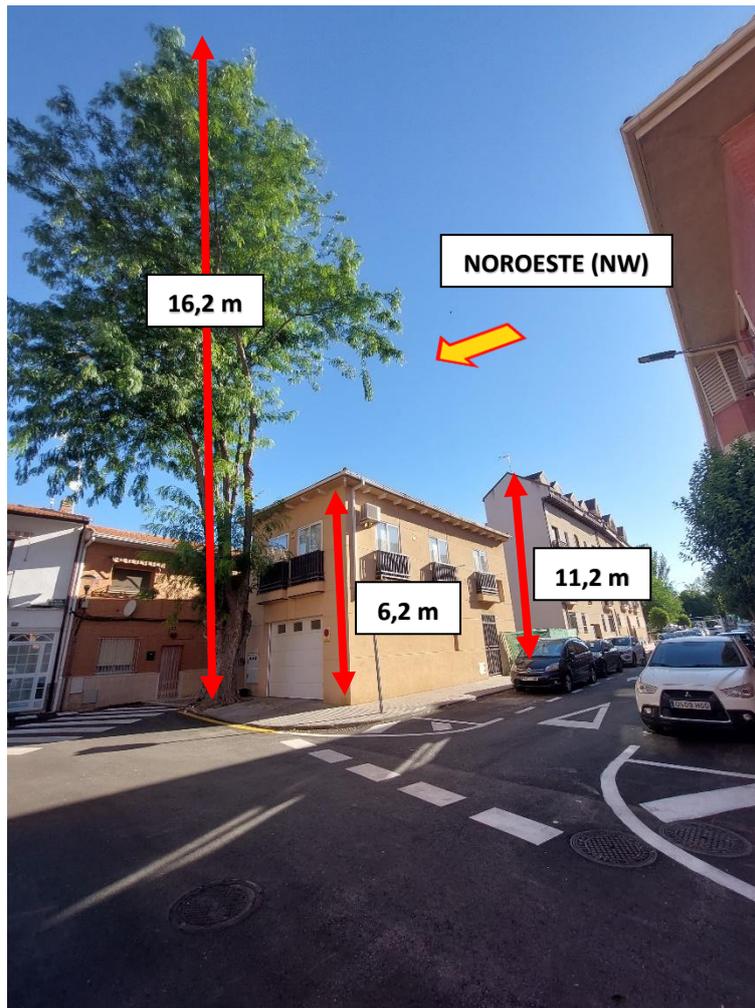


Imagen 13. Perspectiva desde el sur (S), se observa que a pesar de la presencia de edificios existe una exposición elevada frente a los vientos dominantes del noroeste (NW)

5. TOMOGRAFÍAS

5.1. Tomografía de tronco

Según se ha descrito en apartados anteriores, es en la cruz donde se presentan los mayores problemas estructurales, observando oquedades y heridas con pudrición interna. Con el objetivo de comprobar el estado interno del tronco y en qué medida ha penetrado la pudrición por el tronco, se realiza una tomografía en la base del tronco y otra a 140 cm, de tal forma que sea posible diagnosticar el grado de afección en el interior del tronco y la resistencia mecánica existente.

Tomografía en la base

Se colocaron 12 sensores alrededor del tronco, situados a una distancia de 25-30 cm cada uno y a 17 cm de altura desde el suelo. Se coloca el sensor nº 1 en orientación norte y los demás a continuación siguiendo el sentido de las agujas del reloj.



Imagen 14. Realización de tomografía en la base del tronco.

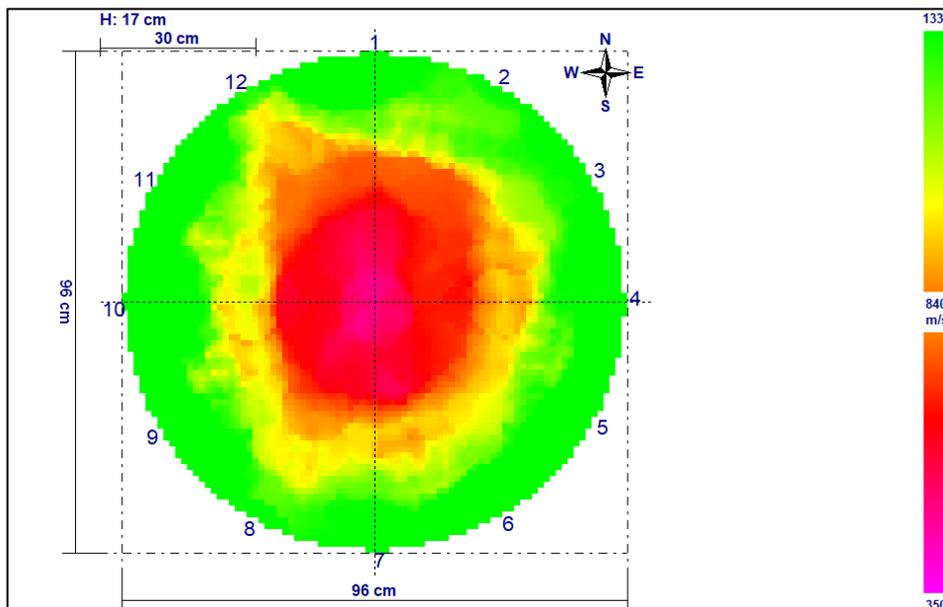


Gráfico 3. Resultados de la tomografía en la base del tronco.

Tal como se muestra en el Gráfico 3 la madera en peor estado se focaliza en la zona central del tronco (tonos rojizos), mientras que en la parte externa mantiene un excelente estado de la madera (tonos verdes, es la zona correspondiente a la albura que es la encargada de proporcionar estabilidad) Dicho resultado indica que la pudrición ha penetrado desde la cruz hacia abajo, estando situada la pudrición justo en la zona central puesto que el árbol ha realizado una excelente compartimentación para evitar que la pudrición se propague por la albura (zona externa)

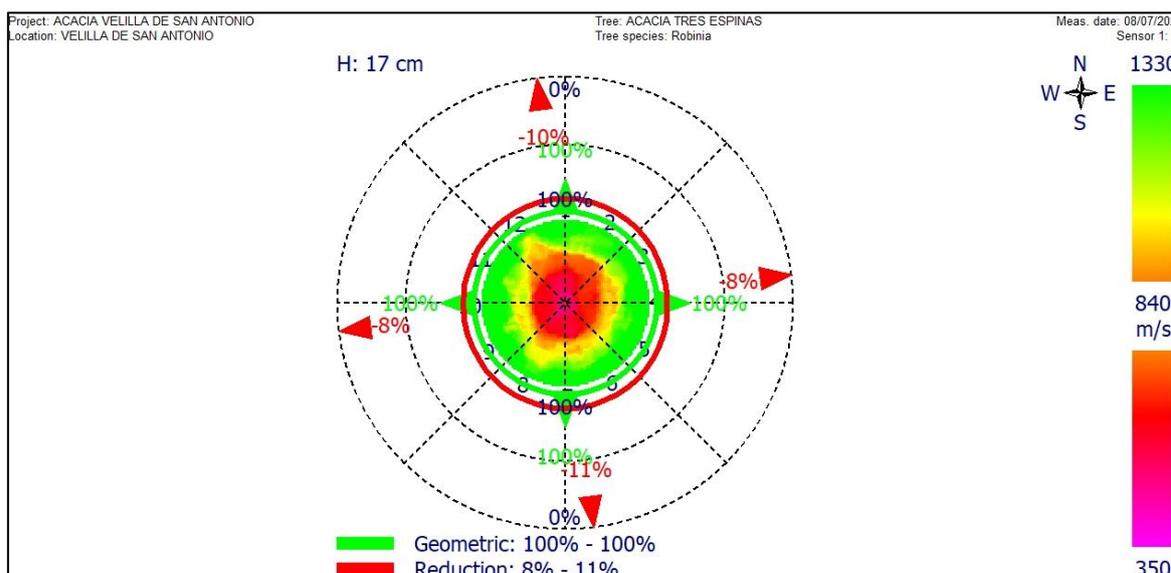


Gráfico 4. Gráfico mecánico de tomografía realizada en la base del tronco.

El gráfico mecánico muestra el momento de resistencia para todas las direcciones del viento y la pérdida de fuerza porcentual y de resistencia mecánica debido a los defectos de la madera. Tal como se observa en el Gráfico 4, no se detecta una pérdida de fuerza significativa en ninguna orientación (pérdidas del 8 y 10%) esto se debe a que la pudrición muestra una forma simétrica y muy localizada en la zona central. No existen daños en la albura que impliquen una pérdida de resistencia en determinadas posiciones.

Para corroborar los buenos resultados obtenidos en la base y definir claramente el estado de la zona más sensible y como ha penetrado la pudrición en el tronco, se lleva a cabo una tomografía a 140 cm de altura (justo por debajo de las heridas localizadas en la cruz)

Tomografía en a 140 cm de la base

Se colocaron 12 sensores alrededor del tronco, situados a una distancia de 25-30 cm cada uno y a 140 cm de altura desde el suelo. Se coloca el sensor nº 1 en orientación norte y los demás a continuación siguiendo el sentido de las agujas del reloj.



Imagen 15. Realización de tomografía a 1,40 m de la base.

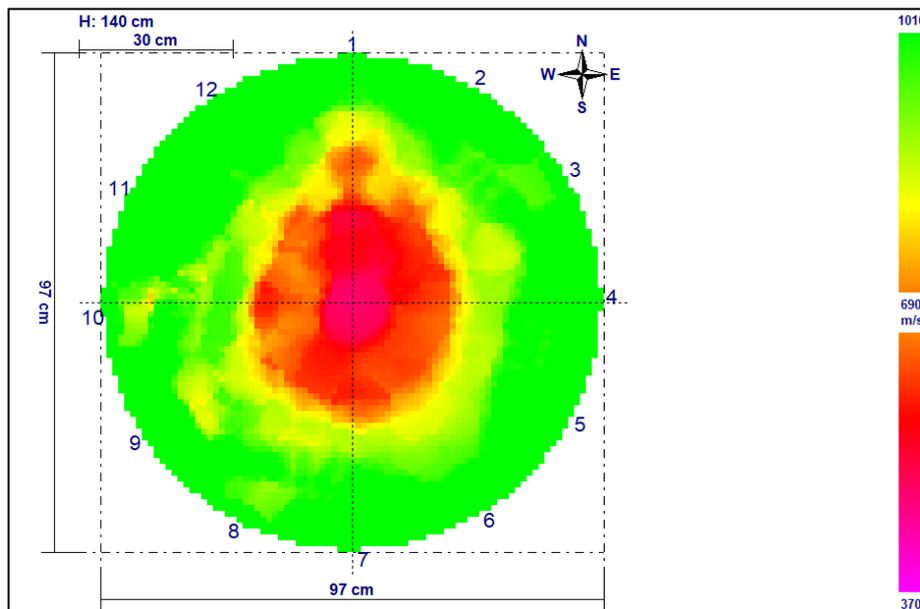


Gráfico 5. Resultados de la tomografía a 1,40 m de la base.

Se obtienen resultados homólogos a la tomografía en la base. De esta manera se confirma la buena compensación llevada a cabo por el ejemplar, limitando la pudrición a la zona central del tronco. Igualmente queda de manifiesto en el gráfico mecánico donde no se detecta una pérdida de fuerza significativa en ninguna orientación (defecto en la madera equilibrado y concentrado en la zona central del tronco)

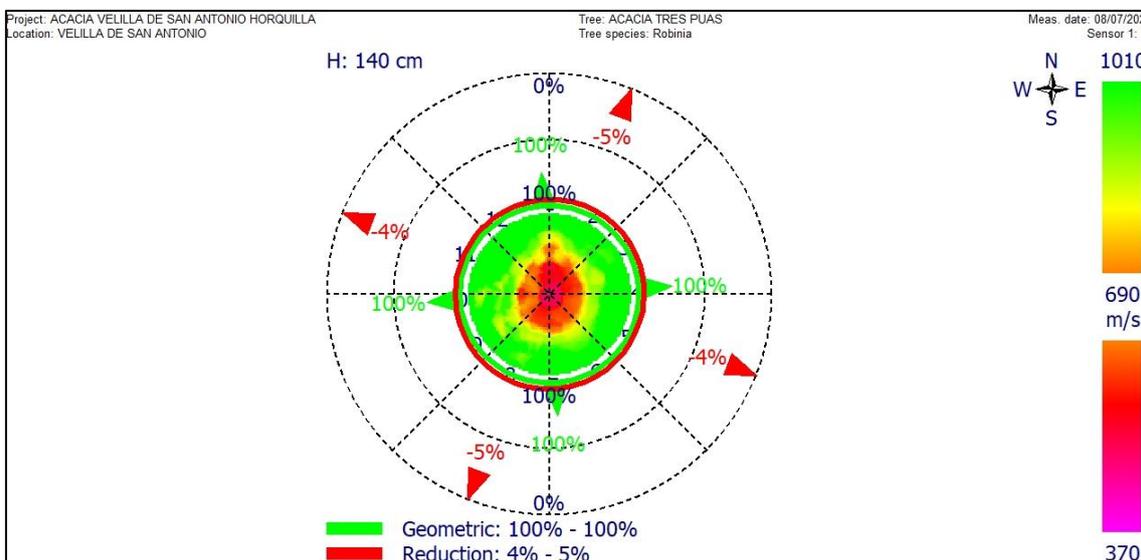


Gráfico 6. Gráfico mecánico de tomografía realizada a 1,40 m de la base.

5.2. Tomografía de raíces

La tomografía de raíces se realizó con el módulo ARBORADIX que consiste en detectar las raíces mediante impulsos de sonidos, gracias a la colocación de un sensor móvil que se golpea, detectándose las conexiones con los sensores situados en el tronco.

La posición del sensor móvil depende de los lugares en donde se pueda captar la señal. Para cada uno de los sensores se midieron a las siguientes distancias:

- SENSOR 1: 0.5 m, 1 m, 2 m, 3 m y 4 m
- SENSOR 2: 0.5 m, 1 m, 2 m, 3 m, 4 m y 5 m
- SENSOR 3: 0.5 m y 1 m (limitación por fachada)
- SENSOR 4: 0.5 m, 1 m y 1,5 m (limitación por fachada)
- SENSOR 5: 1 m, 2 m y 3 m
- SENSOR 6: 1 m, 2 m, 3 m, 4 m, 5 m, 6 m, 7 m y 8 m
- SENSOR 7: 1 m, 2 m, 3 m, 4 m, 5 m, 6 m y 8 m (sin señal)
- SENSOR 8: 1 m, 2 m, 3 m, 4 m, 5 m, 6 m, 7 m, 8 m y 9 m (sin señal)
- SENSOR 9: 1 m, 2 m, 3 m, 4 m, 5 m, 6 m, 7 m y 8 m
- SENSOR 10: 1 m, 3 m, 4 m, 5 m, 6 m y 7 m
- SENSOR 11: 1 m, 2 m, 4 m y 5 m
- SENDOR 12: 1 m, 2 m, 3 m y 4 m

El objetivo de la tomografía de raíces es comprobar la presencia y estado de raíces, para evaluar su desarrollo en el ámbito urbano.

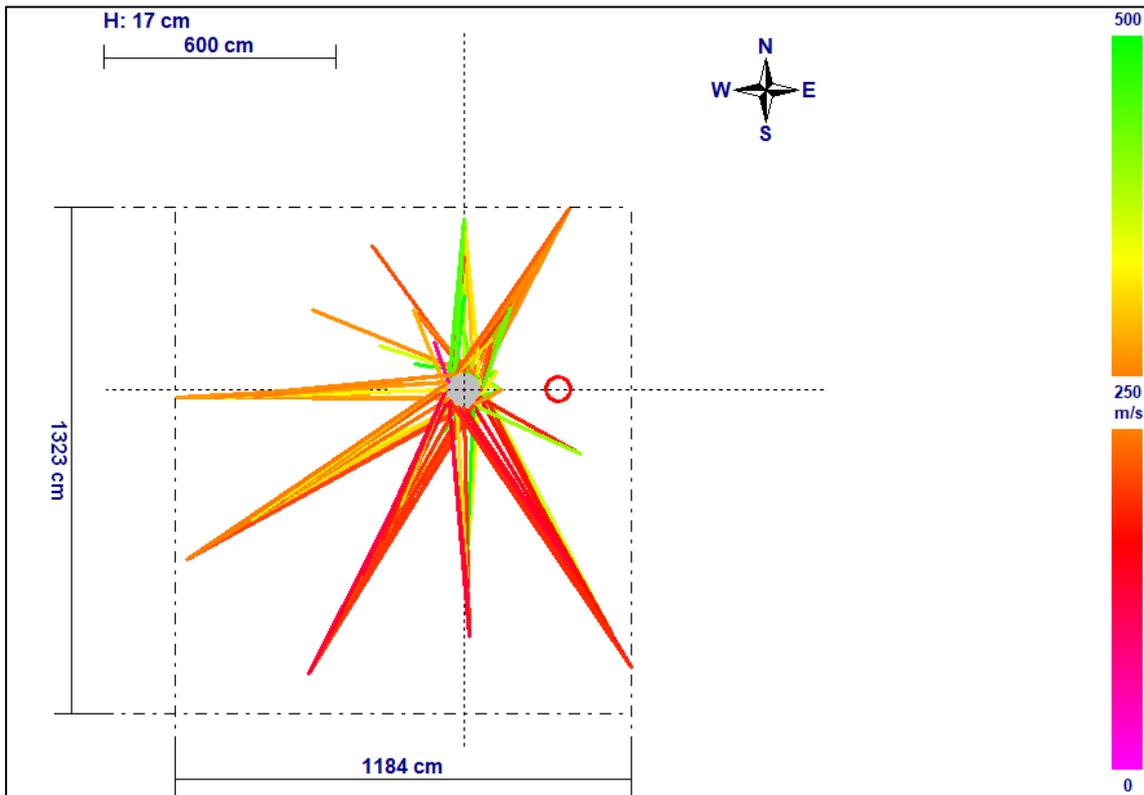


Gráfico 7. Estado y localización de raíces según la tomografía sónica detectada.

A través de la tomografía se puede observar en el Gráfico 7 y en la Imagen 16 una distribución algo irregular de raíces, esto se debe a la limitación para llevar a cabo mediciones en el sector este (E), motivado por la presencia de la fachada de una vivienda. En cuanto al resto de orientaciones se detecta una buena distribución y extensión de raíces, especialmente en la posición sur y oeste, pues es una zona de carretera donde no existe limitación para realizar las mediciones y se establece conexión con las raíces hasta los 7 – 8 metros de distancia.

En la orientación norte (N) se establece conexión con el sistema radical hasta las fachadas de los edificios contiguos que impiden continuar con las mediciones a mayor distancia.

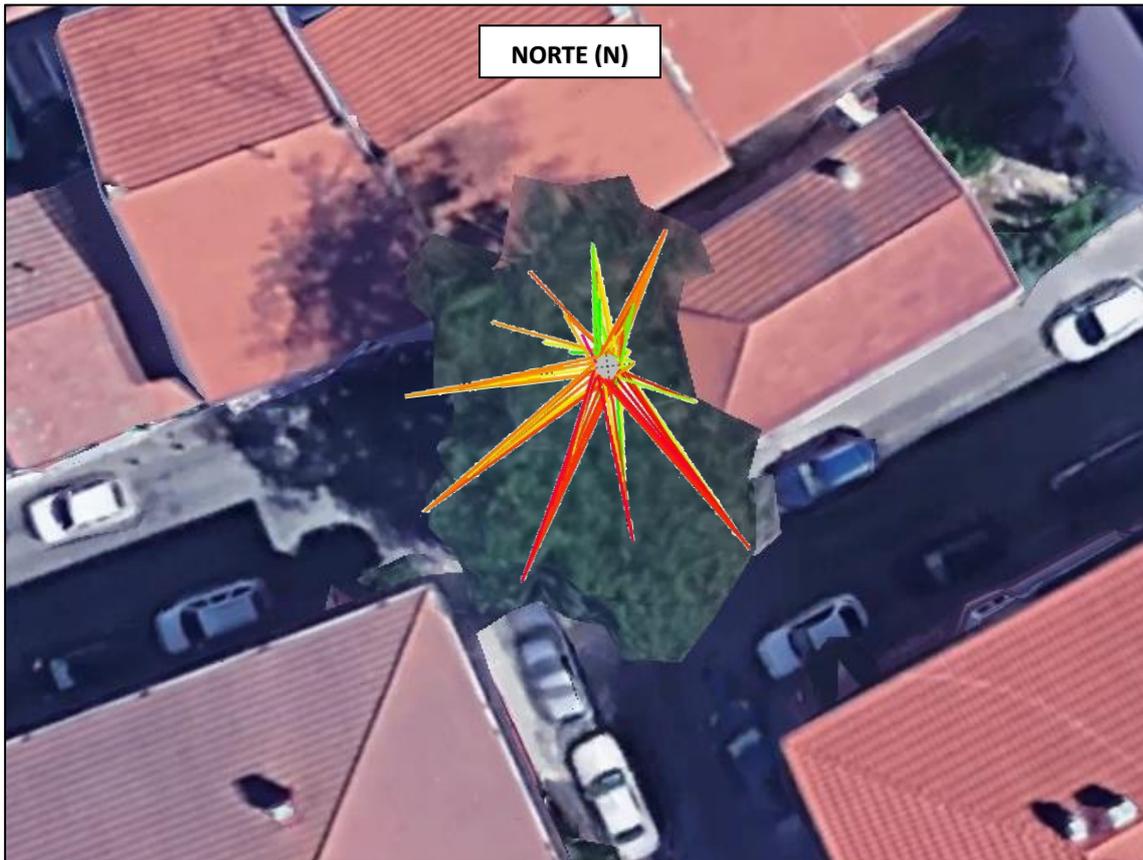


Imagen 16. Representación del sistema radical obtenido durante la realización de la tomografía, se observa la limitación para realizar mediciones en el sector este (presencia de vivienda)

Durante la realización de la tomografía, se detecta que en el sector sur y oeste existe una escasa conectividad en una franja comprendida entre los 2 y 4 m, a partir de la cual se establecen mejores conexiones con el sistema radical. Esto puede deberse a la existencia de una canalización o la realización de obras en ese tramo, impidiendo que las raíces se desarrollen en profundidad (dificultando la conexión), y una vez superada dicha franja las raíces disminuyen su profundidad, permitiendo establecer una buena conexión con ellas a partir de los 4 m de distancia (Imagen 17)

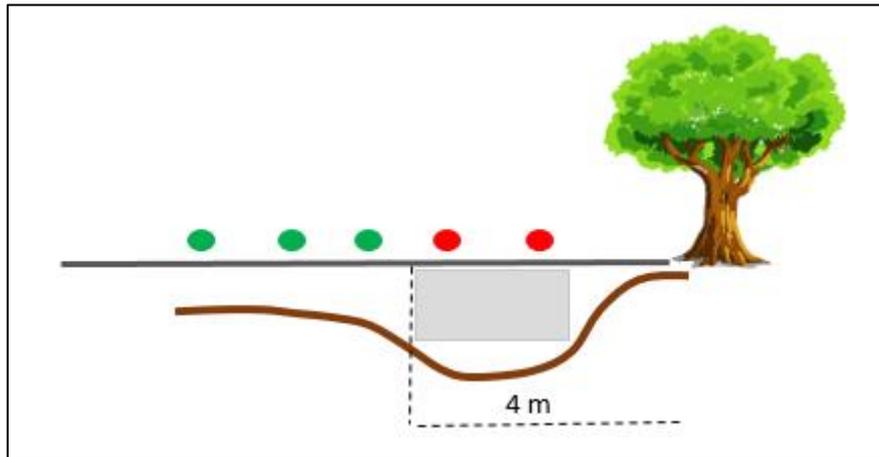


Imagen 17. Simulación del posible comportamiento del sistema radical en posición sur y oeste, en base a las mediciones realizadas. En rojo puntos sin conectividad y en verde puntos con buena conexión con las raíces.

En cuanto al estado de las raíces, es en la zona sur donde las raíces se encuentran más dañadas (tonalidades más rojas), mientras que al norte y oeste se detectan raíces con mejor calidad de la madera (tonalidades verdes y amarillas) Es un resultado propio de las zonas urbanas, en las que los pavimentos y la realización de obras dañan las raíces, sin embargo, el ejemplar mantiene una buena densidad y distribución de su sistema radical (en las zonas sin limitación se establece un buen número de conexiones en distancias comprendidas entre los 4, 5 y 6 m, disminuyendo su número a los 7 – 8 m de distancia) Por lo que no presenta problemas significativos en este sentido.



Imagen 18. Realización de la tomografía de raíces a través de un sensor móvil instalado sobre una pértiga. En verde puntos de detección de raíces.

6. ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DEL ÁRBOL

Con el objetivo de precisar el análisis de la influencia del viento sobre el ejemplar, en base a los resultados y consideraciones desarrolladas en el presente informe, se lleva a cabo un estudio mediante el software “ARBORSTAPP”. Dicho programa analiza la resistencia a la rotura y vuelco del ejemplar sobre la acción del viento. Tal como se ha visto en el apartado metodología, “ARBORSTAPP” estima el nivel de estabilidad de un árbol aislado ante la influencia de un viento de 120 km/h (nivel 12 en la escala de Beaufort), es decir se valora la afección bajo las peores condiciones posibles.

Insertando los parámetros de la tomografía y características del ejemplar en el programa, así como la sección de su copa con respecto a la situación del defecto en el tronco (140 cm sobre la base) se observa lo siguiente:

El análisis desde la base muestra un nivel de estabilidad adecuado (Imagen 19).

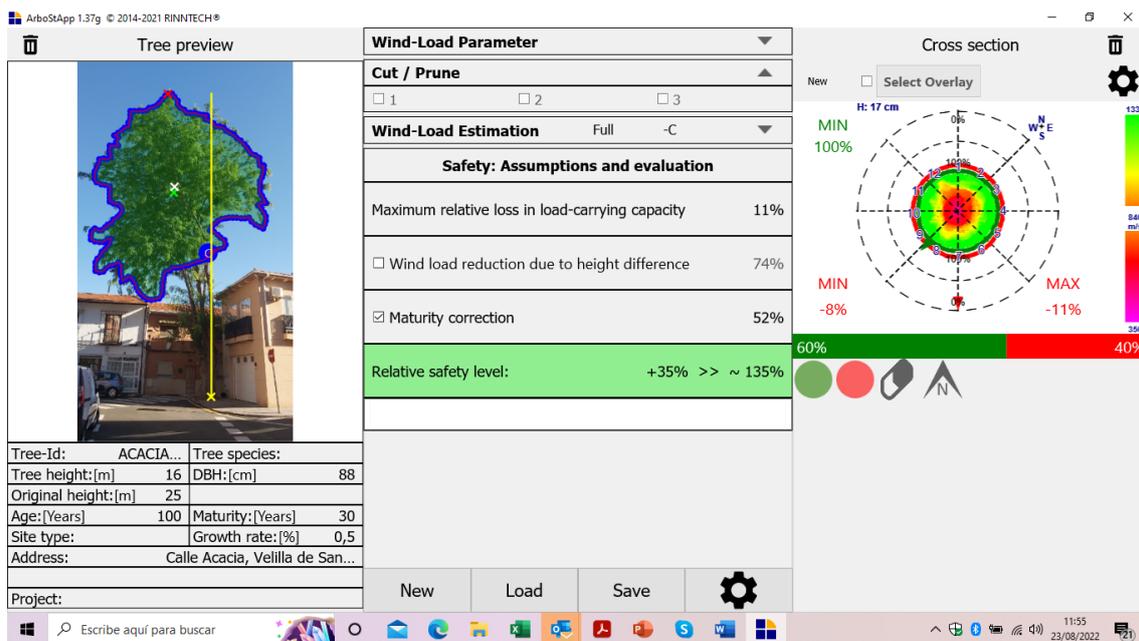


Imagen 19. Índice de estabilidad calculado en la base del árbol, resultado del estudio de biodinámica con el programa ARBORSTAPP.

El defecto principal de la acacia se encuentra en la cruz y en la longitud de sus ramas. Por ello, se ha realizado un nuevo análisis considerando la cruz como elemento más vulnerable a la rotura. Los resultados obtenidos muestran que en este punto el árbol presenta un nivel de estabilidad de PRECAUCIÓN (imagen 20) por lo que es conveniente realizar una reducción de copa semejante a la imagen 21, para conseguir un nivel de seguridad mayor.

INFORME SOBRE ESTUDIO BIOMECÁNICO, ESTRUCTURAL, ESTADO SANITARIO Y RADICULAR DE UNA ACACIA SINGULAR

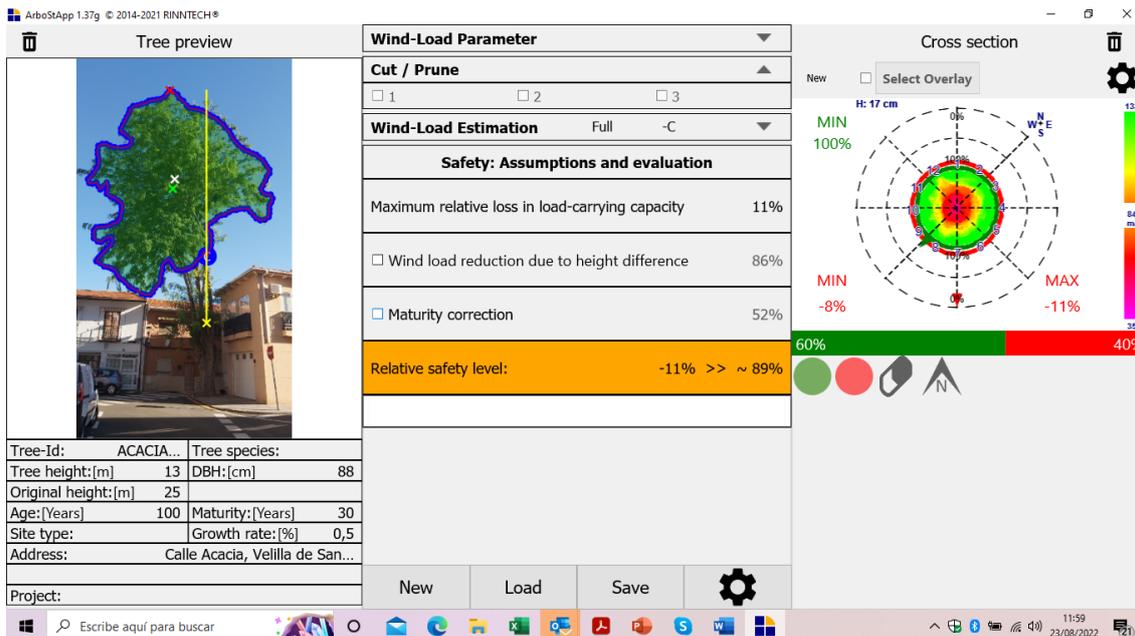


Imagen 20. Índice de estabilidad calculado para el ejemplar en cuestión (defecto en la cruz), resultado del estudio de biodinámica con el programa ARBORSTAPP.

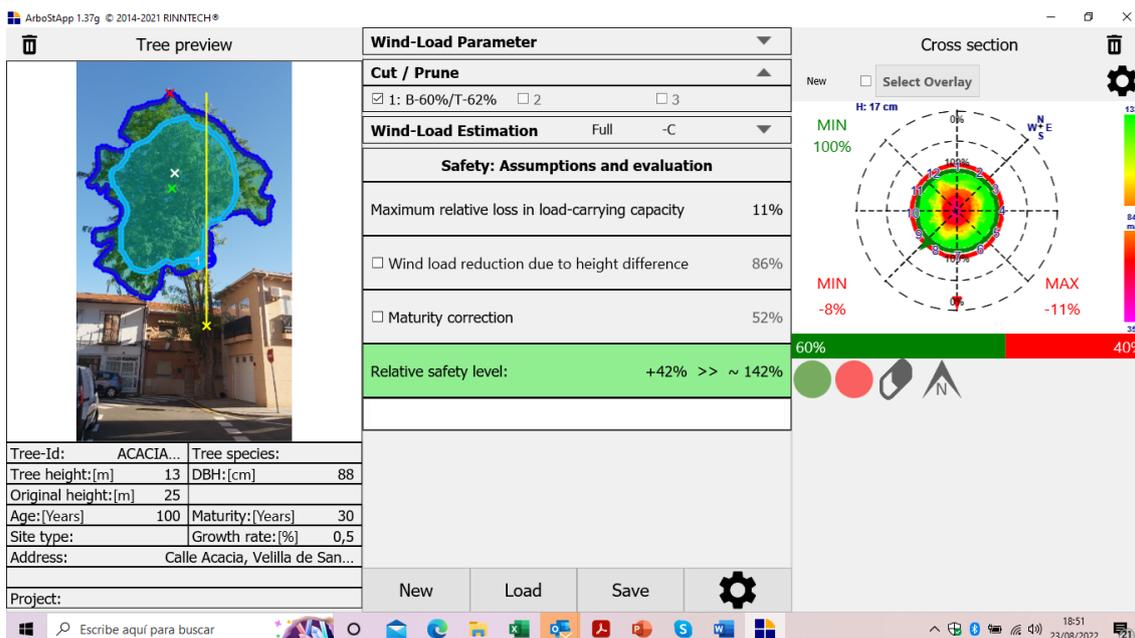


Imagen 21. Índice de estabilidad calculado para el ejemplar en cuestión (defecto en la cruz), resultado del estudio de biodinámica con el programa ARBORSTAPP

Con reducciones de copa entre un 10 y un 15% se consiguen mejoras de la estabilidad considerables, más teniendo en cuenta que el índice de estabilidad obtenido no presenta gravedad.

7. CONCLUSIONES

Según se ha podido comprobar a lo largo del presente informe, se trata de un ejemplar de acacia singular de gran tamaño y que se encuentra en una etapa de madurez con una vitalidad muy elevada, cuya capacidad de respuesta y compensación de impactos es satisfactoria. El árbol ha sido objeto de actuaciones antiguas que han condicionado su estructura, especialmente el terciado realizado a 3 metros que ha provocado un desarrollo vertical de las ramas, conformando una copa muy elevada y con un gran brazo de palanca ante la acción del viento.

En la cruz y el tronco existen varias heridas con pudrición interna, a consecuencia de antiguas podas y la pérdida de 2 cimales principales. Según se ha podido comprobar en las tomografías, la pudrición ha penetrado hacia el interior del tronco, pero la acacia ha desarrollado una excelente pared residual para limitar la pudrición en la zona central del tronco, sin llegar a alcanzar la albura. Además, en la parte externa se observan potentes cordones cambiales que se encargan de soportar la estructura del árbol y compensar las heridas que cuentan con buenas paredes residuales.

Representa un árbol singular en un excelente estado, siendo la principal problemática detectada la altura de la copa y su exposición al viento, pues se proyecta por encima de los edificios contiguos. Teniendo en cuenta dicha anomalía y los resultados obtenidos mediante el software "ARBORSTAPP se proponen las siguientes actuaciones:

- Reducción de copa de un 15%, limitando la corta de ramas en la zona exterior y generando una copa compacta frente a la acción del viento. Dicha reducción deberá realizarse por personal experto en poda en altura y con conocimientos de arboricultura.
- Se aconseja la limpieza de basura en los huecos existentes en el tronco y la colocación de una malla de hierro para evitar la entrada de basura.

En Madrid, a 23 de agosto de 2022

La Ingeniera Técnica Forestal (col. 1551)

REGISTRO PROFESIONAL		COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS FORESTALES	
	Nº Registro:	Fecha:	
	2022/00216	24/08/2022	

SDI, INVESTIGACIÓN Y D VULGACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE, S.L
WWW.SDLMEDIOAMBIENTE.COM

Susana Domínguez Lerena

BIBLIOGRAFIA

1. Claus Mattheck, 1994a. The body language of trees: a handbook for failure analysis. London (UK) HMSO Publications Centre. 260pp.
2. Pedro Calaza, María Iglesias Díaz. 2012. *Evaluación de riesgo de arbolado peligroso: Principios, indicadores y métodos*. Asociación Española de Arboricultura. 398pp.
3. Alex L. Shigo, 1994, *Arboricultura moderna*, 152 pp.
4. Gerard Passola, 2011, *Hongos Xilófagos que viven en los árboles*, Editorial Círculo Rojo, 134 pp.
5. 2015, *Manual de Evaluación de Riesgos de árboles y palmeras*, Associació de Professionals dels Espais Verds de Catalunya (APEVC), 38 pp.
6. Claus Mattheck, 2007. *Stupsi: Explica el árbol*. Asociación Española de Arboricultura. Jardí Botànic. 127 pp.
7. Christophe Drénou, MP, 2006. *La poda de los árboles ornamentales*.
8. F.Gil-Albert MP, 2001. *La poda de las especies arbóreas ornamentales*.
9. Sonia Villaiva Quintana. MP, 2005. *Plagas y enfermedades de jardines*.
10. Varios autores. MP, 2003. *Sanidad forestal*.
11. *Página web de la Asociación Española de Arboricultura -AEA-* (<https://aearboricultura.org>)

Suposiciones y condiciones limitantes del informe

1. Este informe de ninguna manera debe considerarse una evaluación completa de los árboles de amenazas, ni el consultor asume ninguna responsabilidad por las inacciones de otros al tratar estos árboles.
2. Se supone que cualquier descripción legal proporcionada al consultor es correcta.
3. Se supone que esta propiedad no infringe ningún código, ordenanza u otra reglamentación gubernamental distinta a las que se pueden identificar en este informe.
4. El consultor no puede ser responsable de la información recopilada de otras personas involucradas en diversas actividades relacionadas con este proyecto. Se ha tenido cuidado de obtener información de fuentes confiables.
5. El consultor no puede ser responsable del trabajo realizado por otro arbolista, contratista o trabajador que intente cumplir con los requisitos y / o especificaciones que se incluyen en este informe.
6. La pérdida o alteración de cualquier parte de este informe invalida el informe completo. La propiedad de cualquier documento por parte del cliente previsto solo será válida una vez que SDL, S.L haya recibido el pago completo de dicho (s) documento (s).
7. La producción de este informe por SDL, S.L está de acuerdo con el alcance del trabajo solicitado por el cliente. Cualquier tarea adicional, incluida la reproducción del informe, consultas telefónicas, producción de documentos adicionales, arbitraje, declaraciones, testimonios o cualquier otro servicio relacionado se facturará a las tarifas estándar para dichos servicios, según tarifas y será responsabilidad del cliente.
8. Los arboristas son especialistas en árboles que utilizan su educación, conocimiento, entrenamiento y experiencia para examinar árboles, recomendar medidas para mejorar la belleza y la salud de los árboles e intentar reducir el riesgo de vivir, trabajar y jugar cerca de los árboles. Los clientes pueden optar por aceptar o ignorar las recomendaciones del arbolista, o buscar consejo adicional.
9. Los arboristas no pueden detectar todas las condiciones que podrían conducir a la falla estructural de los árboles. Los árboles son organismos vivos que fallan de formas que no comprendemos del todo. Las condiciones a menudo se ocultan en el interior de los árboles o debajo de la tierra. Los arboristas no pueden garantizar que un árbol estará sano o seguro en todas las circunstancias o durante un período de tiempo específico. Del mismo modo, los tratamientos correctivos, como cualquier medicamento, no se pueden garantizar. Incluso los árboles sanos con poco o ningún defecto observable o enfermedad pueden fallar cuando las velocidades del viento sean extremas y bajo cargas de nieve y hielo; tales eventos no pueden ser manejados o predichos.

El tratamiento, poda y remoción que se haga de los árboles, anteriores o posteriores, no son responsabilidad del arborista ni de la empresa SDL, S.L.

ANEXOS: FORMULARIO DE EVALUACIÓN BÁSICA DE ARBOLADO

Ficha INVENTARIO VALORACIÓN ARBOLADO

Datos relativos al inventario:

FOTO:

Fecha	8 de julio de 2021
Código / numeración	
Ubicación	Calle de la acacia nº 9
Especie	Gleditsia triacanthos
Perímetro normal (cm) (1.30)	275 cm
Perímetro Basal (cm)	304 cm
Diámetro (cm)	
Altura total (m)	16,2 m
Altura de la cruz (m)	3 m
Diámetro de copa (E-W) (cm)	8 m
Diámetro de copa (N-S) (cm)	10 m
Proyección de la copa (m2)	
Edad cronológica aproximada	



Relativos a la estructura

Edad relativa	1. joven 2. adulto 3. maduro 4. viejo 5. senescente
Estructura	Ejemplar parcialmente desestructurado por antiguo terciado realizado a 3 m de altura. El tronco se presenta grueso y vigoroso, siendo la principal característica del árbol la proyección vertical de sus ramas que llegan a superar la altura de los edificios contiguos (vela elevada, brazo de palanca)
Histórico de actuaciones	Antiguo terciado a 3 m Podas antiguas que eliminaron ramas de los cimales principales Poda antigua que eliminó 2 cimales de los 5 que conformaban la copa del ejemplar
Posición relativa	Sin defectos
Posición aerodinámica	Vela elevada, gran brazo de palanca debido a la altura que alcanzan las ramas Realizar estudio de vientos

Relativos al entorno

Entorno	Situado dentro del casco urbano de Velilla de San Antonio. En posición este (E) a un metro escaso del árbol se localiza la fachada del edificio contiguo. En posición oeste (W) se encuentra una carretera asfaltada El árbol se sitúa en un alcorque dentro de una acera que no cumple con las distancias para el paso de peatones.
Obras	
Exposición viento	1. Protegido 2. Parcial 3. Total 4. Efecto embudo Realizar estudio de vientos con fotografía aérea
Dirección viento dominante	
Cambios recientes en la dirección del viento	
Cambios en la zona	1- Ninguno 2- suelo alterado 3-suelo eliminado 4- raíces dañadas
Condición del suelo	1. Limitado 2. Saturado 3. Poco profundo 4. Compacto 5. pavimentado

Relativos a la vitalidad

Vitalidad	1. Baja 2. Normal 3. Alta
Follaje %	1. Normal 2. Necrótico 3. Clorótico 4. Otoñeamiento temprano
Fitopatología	
Daños abióticos	
Perfil de problemas de la especie	
Expectativas	Favorables
Otros	

Relativos a la mecánica (Defectos / peculiaridades)

Raíces	Tomografía de raíces, para comprobar si han sufrido daños. Suelo compactado y pavimentado que dificulta la oxigenación
Cuello	
Tronco	En la cruz se detectan heridas con oquedades y pudrición interna, a consecuencia de la pérdida de 2 cimales principales. Se debe realizar tomografía para comprobar el estado interno de la madera. El árbol ha desarrollado buenas paredes residuales alrededor de las heridas Presenta potentes cordones cambiales que soportan la estructura del árbol.
Ejes/brazos	Ramas excesivamente altas, con una gran proyección vertical (brazo de palanza elevado) Abundante presencia de reiterados con anclajes dudosos, dando un aspecto desorganizado a la copa.
Copa	1.Escasa 2. Normal 3. Densa 4. Equilibrada 5.Descompensada Muy elevada
Otros	Lateralidad, desadaptación, gradiente, Coef. Ahilamiento, casos rotura cercanos / similares, inclinación, dimensión copa, histórico roturas
Viento	Resonancia, aislado/ grupo, Posible encajonamiento del viento en vial confrontado con acacia
Carga sobre defecto	1.Ninguna 2.Escasa 3.Moderada 4.Significativa Ramas con excesiva altura vulnerables a la acción del viento

Análisis instrumental

Resistógrafo	
Tomógrafo	SI

TDT	
Otros	

Relativos a la diana

Zona de diana	1- debajo copa	2- altura arbol	3-1,5 x altura árbol	
Ratio de ocupación	1-raro	2- ocasional	3- frecuente	4- constante
Dimensión del elemento	1-pequeño	2- mediano	3- grande	4-muy grande
Probabilidad de fallo	1.Improbable	2. Posible	3. Probable	4. Inminente
Probabilidad de impacto	1-muy baja	2- baja	3- media	4-alta
Posibilidad de eliminarla				
Posibilidad de impedir acceso				

		PROBABILIDAD DE IMPACTO SOBRE DIANA			
		Muy baja	Baja	Media	Alta
PROBABILIDAD DE FALLO	Inminente	Improbable	Posible	Probable	Muy probable
	Probable	Improbable	Improbable	Posible	Probable
	Posible	Improbable	Improbable	Improbable	Posible
	Improbable	Improbable	Improbable	Improbable	Improbable

Tabla valoración de riesgo: Matriz Fallo+Impacto

Consecuencias del fallo
Insignificantes
Pequeñas
Significativas
Severas

		CONSECUENCIAS DEL FALLO			
		Insignificantes	Pequeñas	Significativas	Severas
PROBABILIDAD DE FALLO + IMPACTO	Muy probable	Bajo	Moderado	Alto	Extremo
	Probable	Bajo	Moderado	Alto	Alto
	Posible	Bajo	Bajo	Moderado	Moderado
	Improbable	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

Matriz de clasificación del riesgo

Recomendaciones

Descripción	
Urgencia	
Periodicidad	
Capacidad de recuperación	
Revisión	Cuando y periodicidad
Otros	

Notas / observaciones

Singularidad / valor	Se trata de un árbol singular, monumento natural para los vecinos de Velilla Gran aporte de servicios ecosistémicos
Recomendaciones de gestión	