

Evaluación resistográfica de los árboles del Centro Histórico de La Habana.

Resistographic assessment of trees of the Historic Center of Havana.

Alberto Hernández Oroza, Raquel Balmaseda Sieiro, Alina Romeo Sáez.

Subdirección de Diagnóstico, Dirección General de Proyecto, Arquitectura y Urbanismo, Oficina del Historiador de La Habana. Muralla #208 entre Cuba y Aguiar. Municipio Habana Vieja.

RESUMEN

La población de árboles que ha quedado inmersa dentro de las ciudades son víctimas del maltrato de las personas, ataques de microorganismos y podas descontroladas o excesivas que causan con frecuencia lesiones y daños a los árboles que son indetectables a través de una inspección visual sobre el tronco del árbol. El uso de la resistografía, como instrumento útil para la detección de anomalías interiores en los árboles, es una técnica simple y precisa que se basa en penetrar el tronco con una broca fina de acero, la cual a medida que avanza se encuentra con una cantidad variable de resistencia, que una vez interpretada, es capaz de reflejar resultados como cavidades y pudriciones interiores, variaciones en el crecimiento anual de los anillos y la manera en que el árbol se ha desarrollado en respuesta a las condiciones ambientales experimentadas.

Palabras Claves: ÁRBOLES, EVALUACIÓN RESISTOGRAFICA, URBANIZACIÓN, LA HABANA

Abstract

The population of trees that has been immersed in the cities are victims of abuse of the people, attacks and other conditions that often cause injury and damage to trees that are undetectable by inspection of the outer tree bole. The use of the Resistograph, as a useful tool for detecting internal anomalies, it is a simple and accurate technique that is based on fade into the tree a fine steel drill, which as it enters and passes through the wood it encounters a variable amounts of resistance, once interpreted, is able to reflect results as internal cavities and decays, variations in annual growth rings and how the tree has been developed in response to environmental conditions encountered.

Keywords: TREES, RESISTOGRAPHIC ASSESSMENT, URBANIZATION, HAVANA

INTRODUCCION

En la urbanización con diseños de espacios abiertos donde las personas pueden reunirse por motivos casuales o convenidos para descansar, conversar y disfrutar del entorno, el uso de elementos, tanto naturales como constructivos, que brinden sombra y frescor en el medio, inciden significativamente de manera positiva en el bienestar social, proveen confort higrotérmico a la población e intervienen en el ahorro energético regional y la permeabilidad a la radiación solar.

La población de árboles que ha quedado inmersa dentro de las ciudades son víctimas del maltrato de las personas, ataques de microorganismos y podas descontroladas o excesivas. El uso de medios y vías de transporte como avenidas y aceras ha provocado que los suelos de las ciudades no reciban la suficiente cantidad de aire y materias orgánicas y las raíces no

cuenten con el espacio necesario para su crecimiento, lo que ha traído como consecuencia que los árboles no puedan establecerse sanos y fuertes, creciendo en un ambiente de estrés que les acorta su vida.

Estas condiciones pueden provocar la formación de huecos en el tronco y ramas principales, los cuales no son vistos a simple vista por estar recubiertos por la corteza pero que representan una pérdida o disminución, en función del daño, de estructuras básicas como la albura y el duramen. Al disminuir el área de la albura, disminuyen también la cantidad de agua y sales que a través de ella, son conducidas desde las raíces hasta las hojas, mientras que con la pérdida del duramen, se pierde una parte de la capacidad de resistencia al empuje de los vientos, terminando en derribos por causas o fenómenos naturales.

La forestación urbana influye en la modificación del clima y en el consumo de energía en los edificios a través de: a) sombreado, reduciendo la cantidad de energía radiante absorbida y almacenada por las superficies construidas, b) evapotranspiración, convirtiendo el agua de las plantas en vapor, enfriando de esta forma el aire, c) reducción de la velocidad del viento, lo cual reduce la infiltración de aire exterior, la efectividad de la ventilación y el enfriamiento convectivo de las superficies edilicias (*J. R. Simpson, 1998*).

Materiales y Métodos

Evaluación Resistográfica

El principio de funcionamiento de la resistografía es bastante simple. Una broca fina de acero inoxidable (1.5mm x 3mm) se extiende y penetra la madera hasta una profundidad de 50cm a velocidad constante, registrándose en el equipo la energía consumida en la medición o la distribución de densidad relativa. El equipo utilizado es un resistógrafo modelo RESI F500-S. A medida que la broca penetra el tronco, esta se encuentra con una cantidad variable de resistencia. Esta resistencia, una vez interpretada, es capaz de reflejar los siguientes resultados:

- Las condiciones estructurales de la madera (grietas, huecos y cavidades)
- Variaciones entre la madera temprana y tardía en el crecimiento anual de los anillos
- Especie y distribución celular típica
- La manera en la que el árbol se ha desarrollado en respuesta a las condiciones ambientales experimentadas

La variación en resistencia resulta en un incremento o disminución de la cantidad de torque aplicado a la broca, la cual a través de sofisticados sensores mecánicos y electrónicos, trasladan estas variaciones a una grafica que registra las condiciones internas encontradas en la zona donde se taladró. Una vez extraída la broca del tronco del árbol, la resina y el aserrín sellan nuevamente el canal.

Para la selección de las áreas a investigar se tuvo en cuenta la localización, afluencia de personas, facilidad de acceso, diversidad de especies de árboles, diámetros y condiciones físicas de los troncos (visual), entre otras que permitieran establecer un criterio de aceptación y análisis poblacional de los árboles a ensayar, quedando seleccionadas, como se muestra en la Tabla 1, las siguientes especies por áreas:

Especies de árboles	Localizaciones						
	Plaza de Armas	Iglesia San Francisco de Asís	Parque Güayamas	Parque Simón Bolívar	Parque Humboldt	Parque Monumento a los Marinos	Vivienda Previsoria Plaza Vieja
Ocuje	14	-	3	-	3	-	-
Almendro	1	-	-	-	-	2	-
Flamboyán rojo	-	2	1	4	1	-	-
Flamboyán amarillo	-	4	-	-	4	-	-
Palma botella	-	6	-	-	-	-	-
Ceiba	3	1	-	-	3	-	-
Palma real	8	5	-	-	1	-	1
Majagua	-	1	-	-	-	-	-
Roble	-	-	4	2	3	-	6
Cedro	-	-	-	-	1	-	-
Yagruma	-	-	-	-	1	-	1

*la tabla solo muestra las especies seleccionadas por los autores para la realización de este trabajo de investigación. Existe en mencionadas localizaciones una variedad de plantas y árboles notablemente superior.

Análisis del patrón de cavidades:

Las cavidades representan un estado distintivo de la madera. La madera sana tiene una estructura celular fuerte pero una vez que comienza a ser invadida por organismos patógenos, comienzan a ocurrir cambios físicos-químicos en cada célula que conforma el tronco, produciéndose cavidades que marcan el inicio de pérdida o disminución de la densidad de la madera.

Aunque los daños en la madera dependen mucho del tipo y la dirección del ataque de cada especie de microorganismo patógeno, a través de la resistografía es posible diferenciar los cambios entre disminución de densidades por ataques recientes o en proceso y ataques avanzados que ya han provocado una pérdida total de la capacidad estructural de árbol, como se muestra en los siguientes ejemplos:

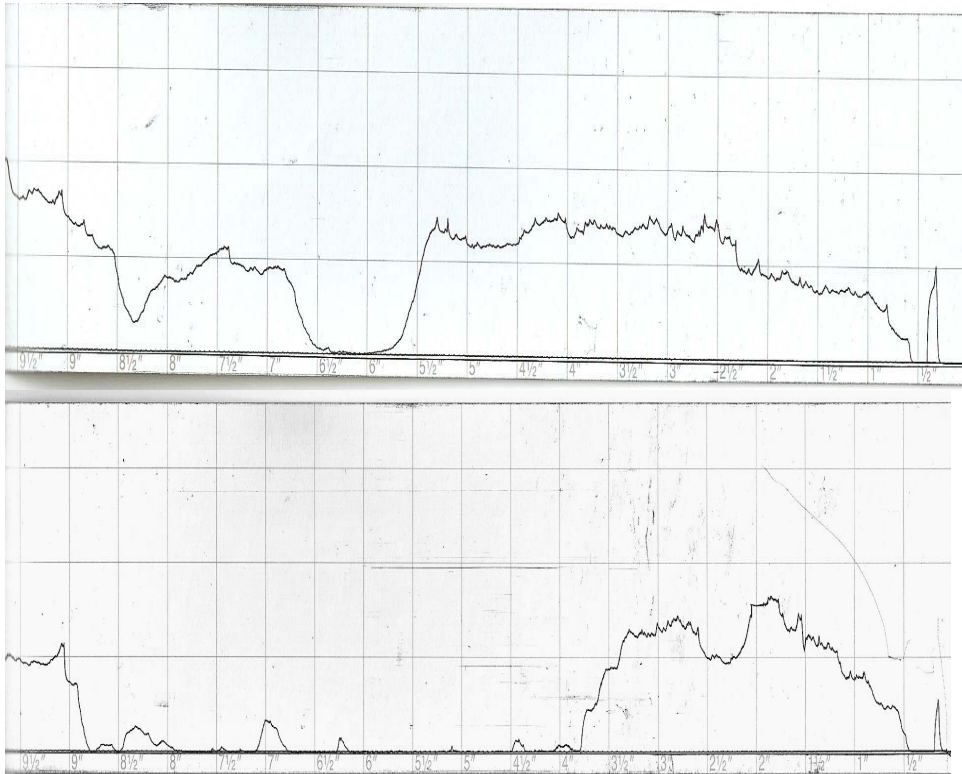


Fig. 1: Resistografía de los árboles de almendro. Resistographic cart of Almond Trees

Las curvas resistográficas mostradas representan a 2 árboles de almendros (*Terminaliacatappa L.*) con diámetros de tronco muy similares de aproximadamente 9½ pulgadas.

En el primero, hasta aproximadamente 5½ pulgadas, aparecen pequeños picos que representan los anillos anuales, observándose una clara distribución entre madera temprana y tardía y un ligero aumento de la densidad entre 2-2½ pulgadas, indicando un crecimiento en la albura del árbol, lo cual pudo estar beneficiado por condiciones climáticas favorables para su desarrollo. Después de las 5 pulgadas comienza una disminución paulatina de la densidad de aproximadamente 1 pulgada de extensión, quizás debido al ataque de microorganismos xilófagos que han degradado el tronco desde la frontera de la albura y el duramen.

En la segunda muestra se puede observar una pudrición general de casi todo el interior del tronco con un pequeño ataque localizado entre 2-2½ pulgadas. La resistencia a la penetración comienza a descender escalonadamente hasta llegar a describir cero resistencias, evidenciando una zona de pudrición total con ninguna densidad. Los pequeños picos que aparecen a partir de las 4 pulgadas representan zonas puntuales que aún no han sido atacadas pero que de manera general no cumplen ya ninguna función estructural en el árbol.

La Fig.2 muestra una zona de cavidad en un árbol de Flamboyán (*Delonix Regia*) en donde la resistencia cae de forma escalonada, y aunque no llega a cero, si puede observarse una pérdida importante de densidad y de elementos estructurales del árbol.

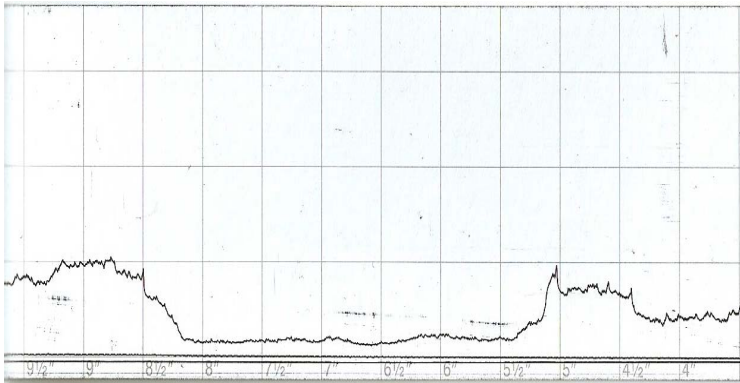


Fig. 2: Pudrición interna en árbol de Flamboyán. Internal decay in Flamboyant Tree

Para una correcta interpretación de los resistogramas es importante tener identificadas las especies de árboles. Puesto que cada especie tiene sus particularidades en cuanto a desarrollo, forma física, transporte de nutrientes, conservación de agua, entre otras, describen asimismo un comportamiento de baja densidad resistográfica que puede ser malinterpretada como pudrición o cavidad, como se observa en especies de Ceiba (*Ceiba pentandra*), Cedro (*Tabebuia pentaphylla*) o la Palma Real (*Roystonea regia*).

La Ceiba, aunque su tronco puede llegar a alcanzar un diámetro de 3 m y una altura de más de 60 m, perteneciente a la familia *Malvaceae*, presenta una baja resistencia resistográfica debido a una estructura fundamentalmente fibrosa y una resina líquida de color claro.

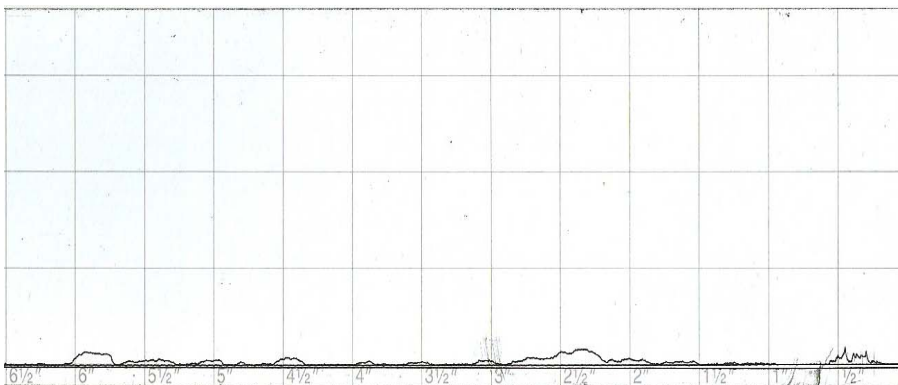


Fig. 3: Baja densidad resistográfica en árbol de Ceiba. Low resistographic density in Ceiba Tree

El Cedro constituye un género de coníferas pináceas de madera olorosa y copa cónica o vertical que además de ser usados para ornamentación de parques, también se usa de forma estructural en edificaciones de madera. Los picos a profundidades de 3 y 4 pulgadas, representan zonas de cambios de densidad en el interior del tronco al pasar de la zona de la albura a la del duramen.

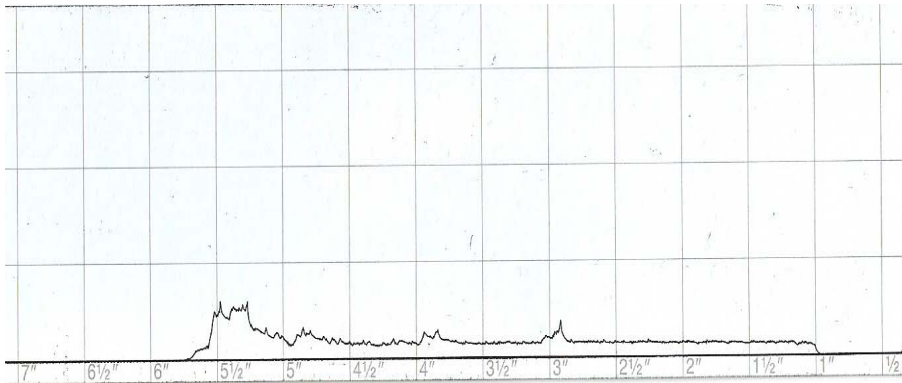


Fig. 4: Sección resistográfica del árbol de Cedro. Cross section of the Cedar Tree.

La corteza de la Palma Real, con un espesor de 2 1/2 pulgadas, ofrece una altísima resistencia a la penetración del taladro. Los pequeños picos observados en el seno del tronco representan las fibras que lo conforman, las cuales tiene muy baja densidad.

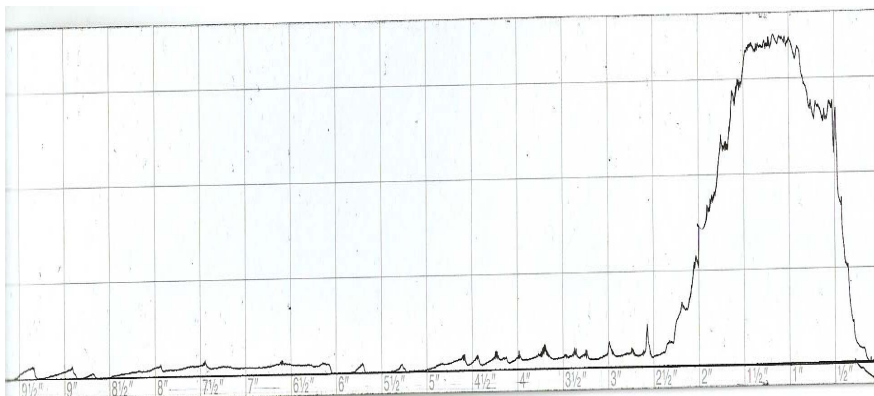


Fig. 5: Corteza e interior de la Palma Real. Bark and sound wood of the Royal Palm Tree.

Algunas especies de árboles presentan un tronco muy compacto y ofrecen una alta resistencia al ensayo resistográfico.

Árbol de Ocuje (*Calophyllumantillanum*), el tronco presenta un diámetro superior a las 10 pulgadas. Se observan los anillos anuales distribuidos de forma relativamente uniforme, evidenciando un crecimiento homogéneo y saludable. El aumento en la pendiente resistográfica indica una alta resistencia a la penetración y un aumento paulatino de la fricción ofrecida por el tronco a la broca.

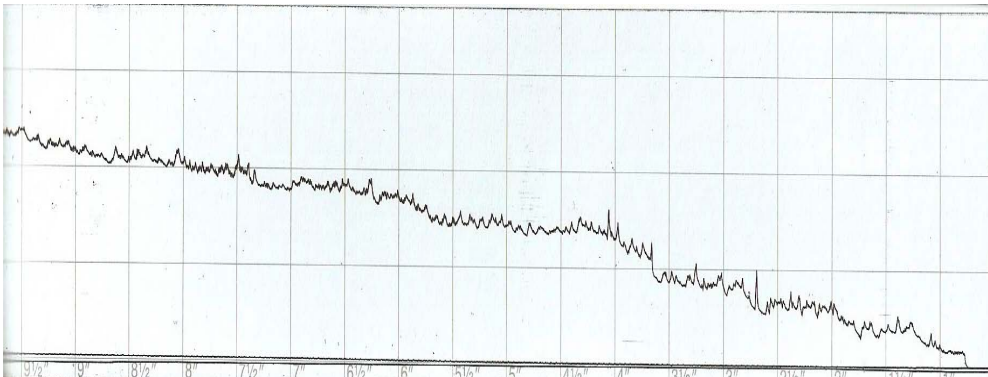


Fig. 6: Incremento de la resistencia al taladro en árbol de ocuje. Increased resistance to drill in Ocuje Tree

Árbol de Roble (*Tabebuia pentaphylla*) con una descripción resistográfica prácticamente lineal y homogénea hasta aproximadamente 6 pulgadas de diámetro, en donde comienza un aumento resistográfico descubriendo una zona de alta densidad.

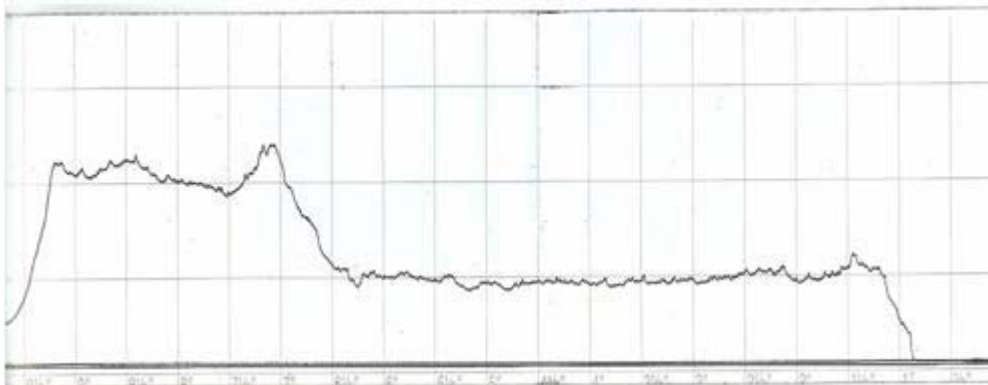


Fig. 7: Densidad resistográfica en árbol de Roble. Resistographic density in Oak Tree

CONCLUSIONES:

La resistografía, a pesar de ser una técnica de recién aplicación a nivel mundial y aún no contar con una norma estandarizada, es considerado como ensayo no destructivo que ha probado ser útil no solo para árboles en pie, sino también en el diagnóstico de madera aserrada para diversos usos como pilotes de puentes, postes, madera estructural, madera decorativa, entre otras, que pueden ser certeramente diagnosticadas sin necesidad de causar daño físico evidente sobre el material.

Los resultados de este estudio sugieren que la resistografía puede ser usada como método rápido (~1min.) para identificar daños interiores, como cavidades y pudriciones, en el interior del tronco de los árboles, así como su extensión y magnitud.

La interpretación de los resultados obtenidos constituye la etapa más delicada de la técnica resistográfica debido a que no es posible definir un juego de reglas de interpretación de

resultados; no obstante, sí existe una serie de características comunes que permiten una lectura correcta de los resistogramas, ayudando durante el diagnóstico, a comprender las condiciones físicas del tronco sin necesidad de aserrarlo y poder evaluar el estado de salud de la plantación.

BIBLIOGRAFIA:

Dunster, J. A. (2000). A Manual for Users of the Resistograph Decay Detection Instrument. Bowen Island, B.C. Canada.

Oliver Hein (2010). Internal Tree Structure Assessment with the IML Resistograph. IML Inc, Kennesaw, USA.

Stambaugh, Michael; R. McMurry, Erin; M. Marschall, Joseph; Guyette, Richard. (2008). Use and calibration of the Resistograph for analysis of oak (*Quercus* sp.) decay and callus formation associated