

# MEDICION DE HUMEDADES EN MADERA CON XILOHIGROMETROS, COMPARACIÓN Y CORRECCIÓN.

**ALVAREZ, Emmanuel**

GIDEC – Facultad Regional Venado Tuerto – Universidad Tecnológica Nacional  
Laprida 621 (S2600EFB) Venado Tuerto, Santa Fe, Argentina  
[gidec@frvt.utn.edu.ar](mailto:gidec@frvt.utn.edu.ar), [emmanuelalvarez@outlook.com](mailto:emmanuelalvarez@outlook.com)

**Palabras claves:** madera, humedad, xilohigrómetros

## RESUMEN

El trabajo presenta la comparación de mediciones de humedad en la madera de dos xilohigrómetros diferentes con la real obtenida según lo estipula la norma IRAM 9532, para determinar el error de su lectura y obtener una función matemática que permita su corrección. Para el desarrollo del trabajo se utilizaron probetas de diferentes especies y secciones para estudiar el comportamiento de los instrumentos en cada caso. Los resultados expresan que ambos xilohigrómetros tienen una buena aproximación de su lectura de humedad a la real de la probeta, variando a su vez de acuerdo a la especie, pero son inviables para el uso preciso sin una corrección de la lectura.

## INTRODUCCIÓN

Es de fundamental importancia tanto para la comercialización e industrialización de la madera como para el desarrollo de los trabajos de investigación sobre el material, conocer el porcentaje de humedad contenido en las probetas y muestras, ya que la madera es un material higroscópico, que le permite ganar o perder humedad con el ambiente hasta llegar a un punto de equilibrio.

Para determinar el contenido de humedad en la madera se siguen los procedimientos indicados en la norma IRAM 9532, con la aplicación de la fórmula:

$$H = \frac{(P_h - P_s)}{P_s} * 100$$

$P_h$ = peso húmedo

$P_s$ = peso anhidro

Resulta de sumo interés el uso de xilohigrómetros para una medición instantánea de la variable. Al tratarse de una medición sobre la pieza completa, nos permite conocer el porcentaje de humedad contenido en la madera en cualquier situación, ya sea probetas de laboratorio o madera estructural in situ. En el caso de madera para ensayo nos permite saber, previo al mismo, si la humedad está dentro del rango que fijan las normas para el procedimiento.

El objetivo de este trabajo es comparar las lecturas arrojadas por un xilohigrómetro de resistencia y por otro de radio frecuencia con el valor real del contenido de humedad calculado según lo estipula la norma IRAM 9532, para diferentes especies y secciones, determinar el error de cada instrumento para cada grupo de muestras, y proponer una función matemática que nos permita corregirlo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las especies utilizadas para el desarrollo del trabajo fueron tres: *Araucaria angustifolia*, el híbrido *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* "F2" y *Populus deltoides* Australiano 129/60.

El xilohigrómetro de resistencia empleado en el trabajo fue el *Moisture Meter MD-2G* y el xilohigrómetro de radio frecuencia fue el *Moisture Meter MAD10*. La tarea básica de funcionamiento de estos instrumentos es medir el porcentaje de humedad con relación a la resistencia ejercida por la madera al paso de una corriente continua que, a su vez, es proporcional a su contenido de humedad; este registro indica la fuerza con que absorbe la madera el campo eléctrico de alta frecuencia que la atraviesa, el de resistencia lo genera por medio de sus electrodos, y el de radio frecuencia, emite por medio de la placa de contacto las ondas que generan el campo.

Se ensayaron 5 grupos de probetas de acuerdo al detalle de la *tabla 1*:

**Tabla 1.** Diseño de las muestras

MUESTRA	ESPECIE	DIMENSIONES	CANTIDAD
1	Alamo	1"x4"x10cm	12
2	Alamo	2"x4"x10cm	12
3	Pino Paraná	1"x2"x10cm	12
4	Pino Paraná	2"x4"x10cm	12
5	Hibrido	1"x4"x10cm	12

Para comenzar con el ensayo se estacionaron las probetas en la cámara a 20°C de temperatura y 65% de humedad, estabilizándose las mismas en una humedad promedio del 12%. Posteriormente se sumergieron en agua por un período de 7 días, logrando la saturación. Se sacaron del agua y se llevaron a la cámara de estabilizado nuevamente para que disminuyeran su humedad gradualmente hasta el 12%, para bajar este porcentaje de humedad se colocaron las muestras en una estufa a 25°C ± 3°C, y se dejaron durante una semana. Finalmente para obtener el peso anhidro se dejaron en la estufa por 24hs a una temperatura de 100°C ± 3°C.

Sistémicamente durante todo el proceso se determinó el peso de las probetas con una balanza digital sensible al 0.1g, y se midió con cada xilohigrómetro la humedad, utilizándose el promedio de tres lecturas por probeta y por equipo. Al finalizar el procedimiento, con el peso anhidro, se determinó la humedad en cada instante de toma de datos, de acuerdo a la Norma IRAM 9532.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para analizar los resultados se trabajó con el promedio de humedad real y con el de cada xilohigrómetro de las 12 probetas de cada muestra. Luego del procesamiento de datos obtuvimos los resultados que se muestran en la *tabla 2*.

**Tabla 2.** Resultados de contenido de humedad en %

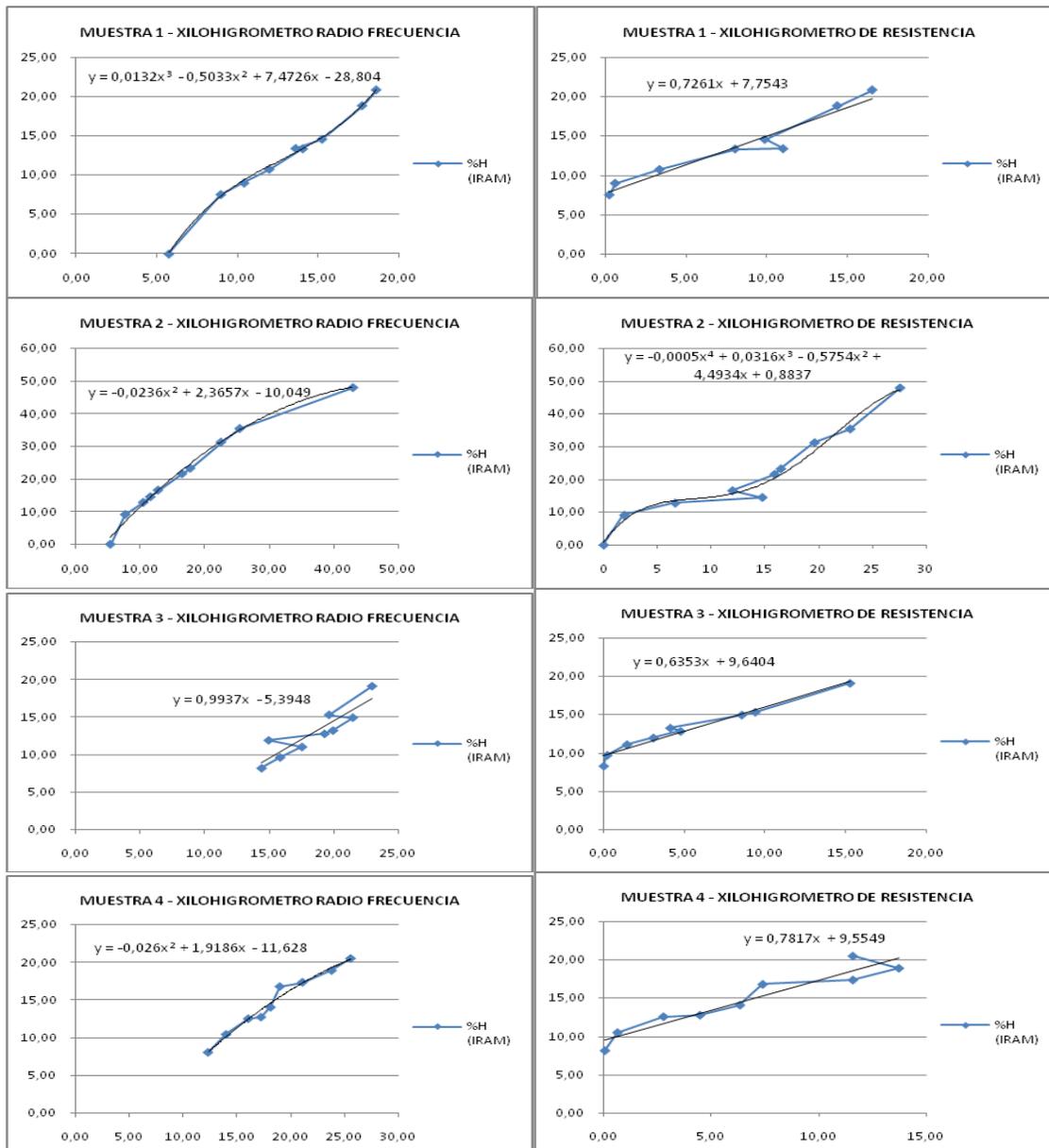
MEDICION	MUESTRA 1			MUESTRA 2			MUESTRA 3			MUESTRA 4			MUESTRA 5		
	IRAM	XILO 1	XILO 2												
1	0,00	0,00	5,76	0,00	0,00	5,42	0,00	0,00	9,78	0,00	0,00	8,67	0,00	0,00	5,75
2	7,57	0,25	8,99	9,12	1,92	7,71	8,26	0,00	14,41	8,11	0,06	12,38	8,54	0,00	8,38
3	9,04	0,61	10,43	12,84	6,64	10,50	9,70	0,22	15,85	10,49	0,64	14,06	9,91	0,17	9,69
4	10,79	3,36	12,00	14,57	14,75	11,61	11,09	1,44	17,56	12,57	2,78	16,10	11,52	1,72	10,81
5	13,39	8,06	14,08	16,63	11,97	12,79	11,97	3,08	14,96	12,78	4,47	17,29	14,01	6,86	12,91
6	13,43	11,03	13,64	21,64	15,89	16,51	12,83	4,78	19,31	14,09	6,33	18,17	14,92	5,53	10,61
7	14,61	9,89	15,28	23,33	16,47	17,78	13,26	4,14	19,97	16,84	7,39	19,03	14,92	8,47	13,65
8	18,88	14,39	17,77	31,32	19,61	22,53	14,99	8,58	21,51	17,40	11,58	21,13	18,07	11,94	15,39
9	20,89	16,56	18,64	35,51	22,92	25,43	15,36	9,42	19,65	18,95	13,72	23,83	19,38	13,19	15,90
10	26,98	18,64	20,87	48,07	27,56	42,95	19,15	15,31	23,00	20,55	11,58	25,60	24,97	18,39	21,63
11	65,11	31,39	79,21	86,66	34,53	102,55	39,93	33,44	72,98	24,85	24,14	45,44	69,36	33,17	69,37

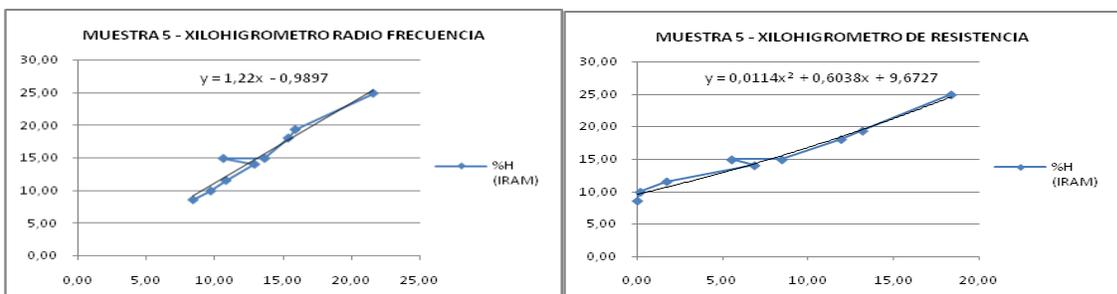
La columna IRAM de la Tabla 2 es el contenido de humedad según el procedimiento de la norma IRAM 9532, la XILO 1 es el contenido de humedad según el xilohigrómetro de

resistencia y la XILO 2 es el contenido de humedad según el xilohigrómetro de radio frecuencia.

En la *tabla 2* podemos ver que ambos instrumentos presentan lecturas distintas a la humedad real de las probetas.

Para llegar a la función matemática que nos permita corregir la lectura, graficamos la humedad real de cada grupo de probetas en función de las lecturas de cada xilohigrómetro como se muestra en los siguientes gráficos.





Con la aplicación del software se obtuvo la función que mejor ajusta el tenor de humedad obtenido en los xilohigrómetros con la humedad real de la probeta. Las funciones tienen una aproximación razonable dentro del rango del 8% al 22% de humedad. Las ecuaciones de corrección propuestas se presentan en la tabla 3:

**Tabla 3.** Ecuaciones de corrección

MUESTRA	XILOHIGRÓMETRO DE RADIO FRECUENCIA	XILOHIGRÓMETRO DE RESISTENCIA
1	$y = 0,0123x^3 - 0,50033x^2 + 7,4726x - 28,804$	$y = -0,0236x^2 + 2,3657x - 10,049$
2	$y = 0,7261x + 7,7543$	$y = -0,0005x^4 + 0,0316x^3 - 0,5754x^2 + 4,4934x + 0,8837$
3	$y = 0,9937x - 5,3948$	$y = 0,6535x + 9,6404$
4	$y = -0,026x^2 + 1,9186x - 11,628$	$y = 0,7817x + 9,5549$
5	$y = 1,22x - 0,9897$	$y = 0,0114x^2 + 0,6038x + 9,6727$

## CONCLUSIONES

El xilohigrómetro de radio frecuencia presenta menos error que el de resistencia. Ambos instrumentos de medición tuvieron mayores errores en la especie de mayor densidad (*Araucaria angustifolia*). Se observan mayores errores de ambos aparatos en las probetas de mayor sección. Es sumamente imprecisa la aplicación directa de los xilohigrómetros sin determinar previamente la ecuación de corrección para cada especie y para cada xilohigrómetro. Se debería ampliar la muestra de probetas para densificar las lecturas y poder determinar una función de corrección más exacta, y de ser posible determinar una sola función para cada especie afectada por coeficientes para el uso de la misma en diferentes secciones.

## REFERENCIAS

Norma IRAM 9532

Revista *El Mueble y La Madera*, Nro. 62, pag. 101, 102, 103, 104 y 105

## AGRADECIMIENTOS

A los alumnos becarios del G.I.D.E.C. que colaboraron en el relevamiento de datos, Macerata Yanina y Evelin Gibelli.