

5. CONCLUSIONES

Con base en los resultados experimentales obtenidos y la discusión planteada, se establecen las siguientes conclusiones.

Con respecto a las características del jugo de fique se tiene que:

- Posee una mayor estabilidad como surfactante que el aditivo aireante comercial ensayado.
- El uso de jugo de mayor edad disminuye su capacidad espumante y estabilidad, debido al aumento de la fermentación del mismo que disminuye el contenido de sapogeninas, y a su vez el carácter tensoactivo del aditivo, lo cual podría influenciar la oclusión de aire en morteros y hormigones. El uso de jugo a la edad de 9 días, disminuye en un 82% el volumen de espuma formada y la estabilidad de la misma en un 45%.
- La presencia de cemento beneficia la acción espumante del jugo de fique, aumentando el volumen de espuma y su estabilidad, hasta en un 20% y 60% respectivamente, incluyendo el jugo con mayor fermentación.
- El jugo de fique presenta una adecuada capacidad espumante que permite la oclusión de aire en el hormigón, pero en concentraciones mayores al 9%(p/p) en el agua de amasado, forma burbujas grandes que tienden en el tiempo a combinarse para formar otras de mayor tamaño, disminuyendo la estabilidad de la espuma formada.

En morteros en estado fresco el jugo de fique tiene los siguientes efectos:

- Aumenta la plasticidad con relaciones a/c constantes hasta del 18%, con el 3% de jugo en la mezcla.
- Disminuye el contenido de agua hasta en un 27%, porcentaje considerable con respecto a otros aditivos orgánicos que podría atribuirse a las concentraciones de azúcar altas que se conocen del jugo, unido con el efecto lubricante que proporcionan las burbujas de aire formadas por el mismo.

En morteros en estado endurecido el jugo de fique tiene los siguientes efectos:

- La oclusión de aire con el jugo de fique reduce la densidad con respecto a la muestra control.
- Las resistencias a la flexión y a compresión con jugo de fique y aireante comercial con relación a/c, es menor que la muestra control en todas las edades, presentando un comportamiento directamente proporcional a la densidad.
- En general, al reducirse el agua con el jugo adicionado, se aumentan las resistencias a la compresión en todas las edades, entre el 26% y el 41%. Cuando se adiciona 0,5% de jugo en el mortero, la resistencia a la compresión, a igual consistencia se conserva.
- La absorción capilar aumenta cuando se incrementa el porcentaje de jugo adicionado, debido a los poros que se forman. Con 3% y 5% de jugo existe un gran aumento en la porosidad total, así como en la absorción capilar, indicando que los poros formados por el aditivo podrían empezar a generar una porosidad abierta que facilita el movimiento de agua al interior. Con porcentajes inferiores, la absorción capilar fue menor que la mezcla control y similar al aditivo comercial, lo que indica la existencia de una porosidad cerrada que disminuye la permeabilidad.
- La densidad disminuye con la adición de mayores porcentajes de jugo de fique a medida que aumenta la porosidad total, hasta en un 30%.

En los hormigones en estado fresco el jugo de fique tiene los siguientes efectos:

- El asentamiento en hormigones aumenta con la adición de jugo de fique, aproximadamente entre 7 y 16 centímetros. No se observa una gran influencia en la edad del jugo en cuanto a la variación del asentamiento.
- Ocluye porcentajes de aire, con respecto a la masa, hasta de un 10% por la presencia de sustancias tensoactivas como las sapogeninas.
- Cantidades de jugo de fique entre el 3% y 5%, proporcionan la cantidad de aire ocluido recomendado (entre 4 y 8%) para proporcionar una adecuada durabilidad en el hormigón.

En los hormigones en estado endurecido el jugo de fique tiene los siguientes efectos:

- Ocluye altos porcentajes de aire a través de burbujas estables que posteriormente se convierten en microporos de varios tamaños, principalmente entre 0 y 250 micras.

- La superficie específica disminuye con la adición de jugo de fique, lo cual puede significar el aumento en el tamaño de poros, a medida que el contenido de aire también va en aumento.
- La mezcla con 5% de jugo fresco presenta una mayor superficie específica que la adicionada con el 10% de jugo, lo cual refleja la formación de una estructura con poros más pequeños teniendo contenidos de aire similares.
- El factor de espaciado disminuye con el aumento de la cantidad de aditivo adicionado en la mezcla. Los resultados para este parámetro que se ajustan a los valores recomendados, se obtienen en los hormigones con 3% de jugo; con el 5% de jugo fresco el factor de espaciado fue el menor, lo cual podría representar mejores condiciones de durabilidad en ambientes más agresivos.
- El hormigón con 3% de jugo presentó una buena distribución de poros, con alta frecuencia de poros de menor tamaño hasta de $60\mu\text{m}$ y poca presencia de poros de gran tamaño.
- La distribución de poros para hormigones con el 5%, 10% y 5% de jugo fresco, presentan la mayor frecuencia tanto de poros pequeños (entre 30 y $60\mu\text{m}$), como de poros grandes (más de $120\mu\text{m}$), lo que puede indicar la coalescencia de los poros más pequeños para formar otros de mayor tamaño.
- El 5% de jugo fresco proporcionó unos parámetros de poros y cantidad de aire similares a la mezcla con el 10%, pero la mejor distribución y tamaño de poros influyó positivamente las resistencias mecánicas.
- El hormigón con el 3% de jugo presenta para todas las edades, resistencias similares a las obtenidas para la muestra control y superiores a las del aditivo comercial.
- Con el 10% de jugo no se obtienen resistencias a la compresión aceptables, esto puede deberse a la alta porosidad lograda, coalescencia de poros y distribución inadecuada de los mismos.
- En general, si bien la resistencia a compresión disminuye, en casi todos los casos está por encima del 90% de la resistencia de la muestra control, que es el límite propuesto por la norma ASTM, para los aditivos aireantes. Pueden lograrse resistencias adecuadas hasta con el 5% de jugo en la mezcla.
- El jugo podría clasificar como un aditivo aireante de acuerdo con las normas, ya que pueden lograrse aumentos en la resistencia a la compresión hasta del 28% al reducirse el agua necesaria en la mezcla.

Con respecto a los ensayos de durabilidad puede concluirse que:

- Es posible obtener mayor resistencia a los sulfatos mediante el uso del jugo de fique como oclisor de aire si la dosificación proporciona la porosidad cerrada y estructura de poros adecuada.
- Los morteros inmersos en la solución de sulfatos presentaron mayores variaciones volumétricas cuando se presentaban mayores incrementos en la porosidad total y la absorción capilar.
- Con la adición de 0,5% de jugo, se presenta una menor expansión por sulfatos que cuando la mezcla no posee adición, debida a la formación de microporos que disminuyen la permeabilidad por la eliminación de la capilaridad continua.
- El 5% de jugo en morteros, presentó poca expansión durante la exposición a sulfatos debido a la inadecuada formación de microporos que facilitó el ablandamiento y deterioro en el tiempo de las muestras por el aumento de la porosidad total causada por los sulfatos.
- Existe una menor durabilidad a los sulfatos debido a la porosidad abierta, la distribución y forma no tan esférica de los huecos de aire formados con cantidades de 1% y 3% de aditivo. Para el aditivo comercial y el 0,5% de jugo, se presenta la mayor durabilidad ya que posiblemente la estructura de poros formada sea la adecuada para disminuir las grietas durante el ataque, teniendo consecuentemente una menor expansión.
- Los hormigones con mayor resistencia a la carbonatación son los que contienen 3% y 5% de jugo, disminuyendo hasta en un 46% la profundidad de carbonatación.
- Con el 10% de jugo y el aditivo comercial el hormigón no exhibe una adecuada protección, indicando posiblemente mayores permeabilidades del hormigón que permiten mayor acceso al CO₂.
- Al adicionar 5% de jugo fresco en el hormigón, aunque se obtiene un porcentaje de aire similar a la muestra con 10% de jugo, la distribución de poros al parecer es mejor ya que la profundidad de carbonatación disminuye en un 26%.
- El aditivo comercial no proporciona una protección apropiada a la carbonatación, proporcionando profundidades de carbonatación similares a la muestra sin aire ocluido.

Con esta investigación surgen preguntas que podrían ser tenidas en cuenta para la elaboración de futuros estudios. Entre otras se recomienda:

- Estudiar alternativas de conservación del jugo de fique ya que su fermentación afecta los resultados como aditivo oclisor de aire y como plastificante, por lo tanto

es necesario conocer las consecuencias que tendría en las mezclas de mortero y hormigón.

- Estudiar la obtención o concentración de la materia activa como surfactante en el jugo que permita mejorar sus atributos como aireante.
- Estudiar la dosificación y contenido de aire óptimos para obtener morteros y hormigones de buena trabajabilidad sin afectar sus propiedades mecánicas.
- Estudiar la influencia de algunas variables en la estructura de poros formadas, tales como, tamaños de árido, tipo de cemento, tiempo de amasado, temperatura.
- Verificar la influencia del aditivo en la durabilidad al hielo deshielo, cloruros y ácidos.
- Estudiar el efecto del hormigón con jugo de fique en la carbonatación en ambiente controlado (cámara de carbonatación).
- Estudiar el uso del jugo de fique en elementos prefabricados y constructivos.

6. REFERENCIAS

1. **Edmeades, Rodney M. and Hewlett, Peter C.** Cement Admixtures. [ed.] Peter C. Hewlett. *Lea's Chemistry of cement and concrete*. Cuarta edición. s.l. : Butterworth-Heinemann, 1998.
2. **Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.** *Aditivos para concreto, Comité ACI 212*. 1983.
3. **Mejía de Gutierrez, Ruby.** *Fique as raw construction material*. [ed.] H.S. Sobral. 1990. Proceeding of the second international RILEM Symposium. Vegetable plants and their fibres as building materials. pp. 343-349.
4. **Ochoa Botero, Juan Carlos.** *Uso del licor de plantas agaváceas como aditivo en morteros y hormigones de cemento pórtland*. Universidad Politécnica de Valencia. 2009. Tesis doctoral.
5. **Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.** *Guía ambiental del subsector figuero*. Colombia: s.n., 2005. Versión 01 en concertación.
6. **Ansari, F. and et.al.** *Effects of synthetic air entraining agents on compressive strength of portland cement concrete-Mechanism of interaction and remediation strategy, Final report*. University of Illinois at Chicago. 2002.
7. **Chandra, S., Eklund, L. and Villareal, R.R.** *Use of cactus in mortars and concrete*, En: Cement and Concrete Research, Vol. 28., 1998
8. **Revuelta, D., Fernandez, L. and Lana, M.J.** *Empleo de polímeros tensoactivos naturales como aditivos inclusores de aire en hormigón celular* [ed.] Instituto de Ciencias de la construcción Eduardo Torroja-CSIC. España: s.n. Actas del V Congreso Nacional de Materiales Compuestos.
9. **Jasiczak, Jozef and Zielinski, Krzysztof.** *Effect of protein additive on properties of mortar*, En: Cement and concrete composites, . [ed.] 451-457. 28, 2006.
10. **Mejía de Gutierrez, Ruby.** *Durabilidad y corrosión en materiales cementicios*. 1999.
11. **Du, Lianxiang and Folliard, Kevin J.** *Mechanisms of air entrainment in concrete*. En: Cement and concrete research, 35, 2005 pp. 1463-1471.

12. **Rixom, M.R.** *Aditivos para hormigones. Composición, propiedades y empleo.* s.l. : Editores Asociados S.A., 1984.
13. **Pleau, Richard, Pigeon, Michel and Laurencot, Jean-Luc.** *Some findings on the usefulness of image analysis for determining the characteristics of air void system on hardened concrete.*, En: *Cement & concrete composites*, 23, 2001pp. 237-246.
14. **Carrete Calleja, J.** *Aditivos para el hormigón.* [ed.] Instituto del cemento portland Argentino. Argentina: s.n., 1971.
15. **Jumadurdiyeva, Amanmyrat, et al.** *The utilization of beet molasses as a retarding and water-reducing admixture for concrete*, En: *Cement and Concrete Research*, . 35, 2005 pp. 874-882.
16. **Aavik, Juhan and Chandra, Satish.** *Influence of organic admixtures and testing method on freeze-thaw resistance of concrete.* En: *ACI Materials Journal* 92-M2, Enero-Febrero 1995,.
17. **Yang, Quanbing, et al.** *Properties of concrete with a new type of saponin air-entraining agent.*, En: *Cement and concrete research*, 30, 2000 pp. 1313-1217.
18. **Preciado Marulanda, Dora Liseth and Rangel McMahon, Emma Carolina.** *Extracción de biofungicida a partir del jugo de fique.* Facultad de ingeniería química, Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín : s.n., 2006. Tesis de pregrado.
19. **Duque Jimenez, Jaime Andrés and Gonzalez Terán, Liliana Patricia.** *Propuesta tecnológica para la producción de un agente tensoactivo biodegradable a partir del jugo de fique como desecho del proceso de desfibrado.* Facultad de Ingeniería Química, Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín : s.n., 1999. Tesis de pregrado.
20. **Muñoz Ramirez, Luz Adriana, et al.** *Producción de cortisona a partir del jugo de fique.* Facultad de ingeniería química, Universidad Pontificia Bolivariana. 1988. Tesis de Pregrado.
21. **NTC-3502.** *Ingeniería civil y arquitectura. Aditivos incorporadores de aire para concreto.* 1993.
22. **ASTM, C33-03.** *Standard Specification for concrete Aggregates.* 1998.
23. **NTC-3459.** *Ingeniería civil y arquitectura. Agua para la elaboración de concretos.* 1993.

24. **TOXEMENT.** *Ficha técnica AIRTOC-D. Incorporador de aire para hormigón y mortero.* 2004. TX40T006.
25. **ISO 696, International Standard.** Surface active agents-Measurement of foaming power-Modified Ross-Miles method. 1975.
26. **UNE-83-207.** *Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Determinación de la pérdida por calcinación a 1050±25°C.* 1985.
27. **UNE-83-227.** *Aditivos para hormigones morteros y pastas. Determinación del pH.* 1986.
28. **NTC-112.** *Ingeniería civil y arquitectura. Mezcla mecánica de pastas de cemento hidráulico y morteros de consistencia plástica.* 1994.
29. **Nambiar, E.K. Kunhanandan and Ramamurthy, K.** *Sorption characteristics of foam concrete,* En: Cement and concrete research, Vol. 37, . 2007 pp. 1341-1347.
30. **Sanchez de Guzmán, Diego.** *Tecnología del concreto y del mortero, Biblioteca de la construcción.* s.l. : Bhandar Editores, 2001.
31. **NTC-396.** *Ingeniería civil y arquitectura. Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto.* 1992.
32. **NTC-1032.** *Ingeniería civil y arquitectura. Método de ensayo para la determinación del aire en el concreto fresco. Método de presión.* 1994.
33. **Humboldt.** Testing Equipment for Construction Materials. [En línea] <http://www.humboldtmfg.com/c-3-p-169-id-3.html>.
34. **NTC-1377.** *Ingeniería Civil y Arquitectura. Elaboración y curado de especímenes de concreto para ensayos de laboratorio.* 1994.
35. **NTC-673.** *Ingeniería civil y arquitectura. Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros normales de concreto.* 1994.
36. **NTC-504.** *Ingeniería civil y arquitectura. Refrentado de especímenes cilíndricos de concreto.* 1995.
37. **UNE-480-11.** *Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Métodos de ensayo parte 11: Determinación de las características de los huecos de aire en el hormigón endurecido.* 2006.

38. **Elsen, J.** *Automated air void analysis on hardened concrete: Results of European intercomparison testing program.*, En: Cement and concrete research, 31, 2001 pp. 1027-1031.
39. **Mórtimer, Charles E.** *Química*. California, EEUU : Grupo Editorial Iberoamericana, 1983.
40. **Chang, Cheng-Feng and Chen, Jing-Wen.** *The experimental investigation of concrete carbonation depth.*, En: Cement and Concrete Research, 36, 2006 pp. 1760– 1767.
41. **Santhanam, Manu, Cohen, Menashi and Olek, Jan.** *Mechanism of sulfate attack: A fresh look. Part 1: Summary of experimental results*, En: Cement and concrete research. . 32, 2002
42. **American Concrete Institute.** *Guía para la durabilidad del hormigón ACI201.2R-01*.
43. **Santhanam, Manu, Cohen, Menashi and Olek, Jan.** *Mechanism of sulfate attack: a fresh look. Part 2. Proposed mechanisms.*, En: Cement and concrete research, Vol. 33, 2003 pp. 341-346.
44. **UNE-EN 934-2.** *Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Parte 2: Aditivos para hormigones. Definiciones, requisitos, conformidad, marcado y etiquetado.* 2002.
45. **Chavez, H. and Flórez, F.** *Factibilidad técnica de producir aditivos para construcción por extracción de compuestos poliméricos de jugos residuales de la fibra de fique*, Tesis ingeniero químico. Universidad del Valle. Cali: s.n., 1995.
46. **Climent P., Antonia.** *Uso de extractos de plantas suculentas para la preparación de morteros y hormigones de cemento portland*, Proyecto final de carrera. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia: s.n., 2002.
47. **Mejía de Gutierrez, Ruby.** *Fique as raw construction material*. Cali: s.n., 1990.
48. **Ochoa Botero, Juan Carlos.** *El licor de las plantas agavaceas como aditivo para morteros y hormigones de cemento pórtland*. [ed.] CSIC Instituto de Ciencias de la Construcción "Eduardo Torroja". Madrid : s.n., 2005. Actas de las I Jornadas de Investigación en Construcción. Vol. I.
49. **Taylor, H.F.W.** *Cement Chemistry*. Segunda edición. s.l. : Thomas Telford, 1997.
50. **Zapata, J.I.** *Aprovechamiento múltiple del jugo de fique: producción de agentes tensoactivos y medicinales*. Medellín : s.n., 1998. Tesis de pregrado.

51. **UNE-EN-480-8.** *Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Métodos de Ensayo. Parte 8: Determinación del extracto seco convencional.* 1997.

DATOS MUESTRA 7

1060,94	12
Poros (μm)	
85,23	1
85,23	1
85,23	1
85,23	1
85,23	1
85,23	1
85,23	1
85,23	1
85,23	1
85,23	1
104,32	1
104,32	1

ENSAYOS EN HORMIGÓN

# Ensayo		Nombre ensayo	Cantidades de material (kg)					Total mezcla (kg)	% de pasta
			Aditivo	Árido grueso	Árido fino	Cemento	Agua		
1	3% 85	Mezcla con jugo de fique (3%)- Considerando 85% de agua en el aditivo	0,93	98,89	60,02	31,10	17,77	208,70	23,42
2	0%	Mezcla patrón sin jugo de fique (0%)	0,00	98,89	60,02	31,10	18,56	208,56	23,81
3	5% fresco	Mezcla con jugo de fique fresco (5%)	1,55	98,89	60,02	31,10	17,09	208,64	23,09
4	5%	Mezcla con jugo de fique (5%)	1,55	98,89	60,02	31,10	17,09	208,64	23,09
5	3%	Mezcla con jugo de fique (3%)	0,93	98,89	60,02	31,10	17,68	208,61	23,38
6	10%	Mezcla con jugo de fique (10%)	3,11	98,89	60,02	31,10	15,61	208,72	22,38
7	0,5% comercial	Mezcla con aditivo comercial (0,5%)	0,16	98,89	60,02	31,10	18,42	208,57	23,74

MUESTRA M1

Longitud total barrida, T		1200 mm								
Columna	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
Materia	Clase	Límite de las clases	# cuerdas en cada clase	Frecuencia de la cuerda	Fracción encontrada	Total posible	Huecos en la clase	Volumen de los huecos	Contenido de aire	Contenido de aire acumulado
Fuente		(Establecido por la norma EN480-11-2006)	Medida Ci	A3/T _{tot}	(Establecido por la norma EN480-11-2006)	A4/A5	A6-valor siguiente de A6	(Establecido por la norma EN480-11-2006)	A7*A8*100	Total acumulado de A9
Unidades		µm		mm ⁻¹	mm ²	mm ⁻³	mm ⁻³	mm ³	%	%
	1	0 -10	0	0	0,0001178	0	0	0,000000524	0	0
	2	15-20	0	0	0,0002749	0	5,787037037	4,19E-06	0,002424769	0,002424769
	3	25-30	3	0,0025	0,0004320	5,787037037	15,43537383	1,41E-05	0,021763877	0,024188646
	4	35-40	15	0,0125	0,0005890	21,22241087	21,22241087	3,35E-05	0,071095076	0,095283722
	5	45-50	0	0	0,0007461	0	14,76232654	6,54E-05	0,096545616	0,191829338
	6	55-60	16	0,013333333	0,0009032	14,76232654	7,080149194	1,13E-04	0,080005686	0,271835024
	7	65-80	21	0,0175	0,0022780	7,682177349	1,78100228	2,68E-04	0,047730861	0,319565885
	8	85-100	33	0,0275	0,0029060	9,463179628	9,463179628	5,24E-04	0,495870613	0,815436497
	9	105-120	0	0	0,0035340	0	7,006165426	9,05E-04	0,634057971	1,449494468
	10	125-140	35	0,029166667	0,0041630	7,006165426	2,483797096	1,44E-03	0,357666782	1,80716125
	11	145-160	26	0,021666667	0,0047910	4,52236833	0,859928527	2,14E-03	0,184024705	1,991185955
	12	165-180	35	0,029166667	0,0054190	5,382296857	0,97283415	3,05E-03	0,296714416	2,28790037
	13	185-200	32	0,026666667	0,0060476	4,409462707	2,412258792	4,19E-03	1,010736434	3,298636805
	14	205-220	16	0,013333333	0,0066760	1,997203915	1,653763592	5,58E-03	0,922800084	4,221436889
	15	225-240	32	0,026666667	0,0073040	3,650967506	1,234899604	7,24E-03	0,894067314	5,115504202
	16	245-260	23	0,019166667	0,0079330	2,416067902	0,371914182	9,20E-03	0,342161047	5,457665249
	17	265-280	21	0,0175	0,0085610	2,04415372	1,137272304	1,15E-02	1,30786315	6,765528399
	18	285-300	10	0,008333333	0,0091890	0,906881416	0,12927644	1,41E-02	0,18227978	6,947808179
	19	305-350	24	0,02	0,0257200	0,777604977	0,299808462	2,24E-02	0,671570954	7,619379133
	20	355-400	17	0,014166667	0,0296500	0,477796515	0,155183849	3,35E-02	0,519865893	8,139245026
	21	405-450	13	0,010833333	0,0335800	0,322612666	0,144834888	4,77E-02	0,690862418	8,830107444
	22	455-500	8	0,006666667	0,0375000	0,177777778	0,142526791	6,54E-02	0,932125212	9,762232656
	23	505-1000	25	0,020833333	0,5910000	0,035250987	0,031015278	5,24E-01	1,625200583	11,38743324
	24	1005-1500	5	0,004166667	0,9837000	0,004235709	0,003024468	1,77	0,535330908	11,92276415
	25	1505-2000	2	0,001666667	1,3760000	0,00121124	0,00121124	4,19	0,50750969	12,43027384
	26	2005-2500	0	0	1,7690000	0	0,000385446	8,18	0,31529448	12,74556832
	27	2505-3000	1	0,000833333	2,1620000	0,000385446	0,000385446	1,41E+01	0,543478261	13,28904658
	28	3005-4000	0	0	5,5020000	0	0	3,35E+01	0	13,28904658

MUESTRA M2

Longitud total barrida, T _{tot}		1200 mm								
Columna	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
Materia	Clase	Límite de las clases	# cuerdas en cada clase	Frecuencia de la cuerda	Fracción encontrada	Total posible	Huecos en la clase	Volumen de los huecos	Contenido de aire	Contenido de aire acumulado
Fuente		(Establecido por la norma EN480-11-2006)	Medida Ci	A3/T _{tot}	(Establecido por la norma EN480-11-2006)	A4/A5	A6-valor siguiente de A6	(Establecido por la norma EN480-11-2006)	A7*A8*100	Total acumulado de A9
Unidades		µm		mm ⁻¹	mm ²	mm ⁻³	mm ⁻³	mm ³	%	%
	1	0-10	0	0	0,0001178	0	3,03140536	0,000000524	0,000158846	0,000158846
	2	15-20	1	0,000833333	0,0002749	3,03140536	3,03140536	4,19E-06	0,001270159	0,001429004
	3	25-30	0	0	0,0004320	0	16,97792869	1,41E-05	0,023938879	0,025367884
	4	35-40	12	0,01	0,0005890	16,97792869	16,97792869	3,35E-05	0,056876061	0,082243945
	5	45-50	0	0	0,0007461	0	24,91142604	6,54E-05	0,162920726	0,245164671
	6	55-60	27	0,0225	0,0009032	24,91142604	14,30270494	1,13E-04	0,161620566	0,406785237
	7	65-80	29	0,024166667	0,0022780	10,6087211	1,14856268	2,68E-04	0,03078148	0,437566717
	8	85-100	41	0,034166667	0,0029060	11,75728378	11,75728378	5,24E-04	0,61608167	1,053648387
	9	105-120	0	0	0,0035340	0	7,406517736	9,05E-04	6,70E-01	1,723938242
	10	125-140	37	0,030833333	0,0041630	7,406517736	2,188400432	1,44E-03	0,315129662	2,039067904
	11	145-160	30	0,025	0,0047910	5,218117303	0,912279818	2,14E-03	0,195227881	2,234295785
	12	165-180	28	0,023333333	0,0054190	4,305837485	0,034170488	3,05E-03	0,010421999	2,244717784
	13	185-200	31	0,025833333	0,0060476	4,271666997	2,274463083	4,19E-03	0,953000032	3,197717816
	14	205-220	16	0,013333333	0,0066760	1,997203915	0,856276569	5,58E-03	0,477802325	3,675520141
	15	225-240	10	0,008333333	0,0073040	1,140927346	0,195509471	7,24E-03	0,141548857	3,817068998
	16	245-260	9	0,0075	0,0079330	0,945417875	0,320010619	9,20E-03	0,294409769	4,111478768
	17	265-280	13	0,010833333	0,0085610	1,265428494	0,358547077	1,15E-02	0,412329139	4,523807907
	18	285-300	10	0,008333333	0,0091890	0,906881416	0,61527955	1,41E-02	0,867544165	5,391352072
	19	305-350	9	0,0075	0,0257200	0,291601866	0,15107348	2,24E-02	0,338404594	5,729756666
	20	355-400	5	0,004166667	0,0296500	0,140528387	0,115712028	3,35E-02	0,387635293	6,117391959
	21	405-450	1	0,000833333	0,0335800	0,024816359	0,06407253	4,77E-02	0,305625968	6,423017927
	22	455-500	4	0,003333333	0,0375000	0,088888889	0,073378455	6,54E-02	0,479895093	6,90291302
	23	505-1000	11	0,009166667	0,5910000	0,015510434	0,014663293	5,24E-01	0,76835653	7,67126955
	24	1005-1500	1	0,000833333	0,9837000	0,000847142	0,000241522	1,77	0,042749321	7,714018871
	25	1505-2000	1	0,000833333	1,3760000	0,00060562	0,000134544	4,19	0,056374027	7,770392898
	26	2005-2500	1	0,000833333	1,7690000	0,000471076	0,000471076	8,18	0,385340117	8,155733015
	27	2505-3000	0	0	2,1620000	0	0,00015146	1,41E+01	0,213558706	8,369291721
	28	3005-4000	1	0,000833333	5,5020000	0,00015146	0,00015146	3,35E+01	0,507391252	8,876682973

MUESTRA M3

Longitud total barrida, T		1200 mm								
Columna	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
Materia	Clase	Límite de las clases	# cuerdas en cada clase	Frecuencia de la cuerda	Fracción encontrada	Total posible	Huecos en la clase	Volumen de los huecos	Contenido de aire	Contenido de aire acumulado
Fuente		(Establecido por la norma EN480-11-2006)	Medida Ci	A3/T _{tot}	(Establecido por la norma EN480-11-2006)	A4/A5	A6-valor siguiente de A6	(Establecido por la norma EN480-11-2006)	A7*A8*100	Total acumulado de A9
Unidades		µm		mm ⁻¹	mm ²	mm ⁻³	mm ⁻³	mm ³	%	%
	1	0 -10	0	0	0,0001178	0	0	0,000000524	0	0
	2	15-20	0	0	0,0002749	0	0	4,19E-06	0	0
	3	25-30	0	0	0,0004320	0	0	1,41E-05	0	0
	4	35-40	0	0	0,0005890	0	0	3,35E-05	0	0
	5	45-50	0	0	0,0007461	0	8,30380868	6,54E-05	0,054306909	0,054306909
	6	55-60	9	0,0075	0,0009032	8,30380868	3,182357115	1,13E-04	0,035960635	0,090267544
	7	65-80	14	0,011666667	0,0022780	5,121451566	2,621149948	2,68E-04	0,070246819	0,160514363
	8	85-100	27	0,0225	0,0029060	7,742601514	7,742601514	5,24E-04	0,405712319	0,566226682
	9	105-120	0	0	0,0035340	0	7,806870046	9,05E-04	0,706521739	1,272748421
	10	125-140	39	0,0325	0,0041630	7,806870046	0,849380308	1,44E-03	0,122310764	1,395059186
	11	145-160	40	0,033333333	0,0047910	6,957489738	2,269304874	2,14E-03	0,485631243	1,880690429
	12	165-180	60	0,05	0,0054190	9,226794612	1,648030584	3,05E-03	0,502649328	2,383339757
	13	185-200	55	0,045833333	0,0060476	7,578764028	1,836802773	4,19E-03	0,769620362	3,152960119
	14	205-220	46	0,038333333	0,0066760	5,741961254	2,205086482	5,58E-03	1,230438257	4,383398376
	15	225-240	31	0,025833333	0,0073040	3,536874772	0,87507531	7,24E-03	0,633554525	5,0169529
	16	245-260	42	0,035	0,0079330	4,411950082	0,518323948	9,20E-03	0,476858032	5,493810933
	17	265-280	40	0,033333333	0,0085610	3,893626134	0,719541177	1,15E-02	0,827472354	6,321283287
	18	285-300	35	0,029166667	0,0091890	3,174084957	1,456873967	1,41E-02	2,054192293	8,375475579
	19	305-350	53	0,044166667	0,0257200	1,71721099	0,845934992	2,24E-02	1,894894383	10,27036996
	20	355-400	31	0,025833333	0,0296500	0,871275998	0,300499742	3,35E-02	1,006674136	11,2770441
	21	405-450	23	0,019166667	0,0335800	0,570776256	0,259665145	4,77E-02	1,23860274	12,51564684
	22	455-500	14	0,011666667	0,0375000	0,311111111	0,243429216	6,54E-02	1,592027073	14,10767391
	23	505-1000	48	0,04	0,5910000	0,067681895	0,063446186	5,24E-01	3,324580166	17,43225408
	24	1005-1500	5	0,004166667	0,9837000	0,004235709	0,004235709	1,77	0,749720443	18,18197452
	25	1505-2000	0	0	1,3760000	0	0	4,19	0	18,18197452
	26	2005-2500	0	0	1,7690000	0	0	8,18	0	18,18197452
	27	2505-3000	0	0	2,1620000	0	0	1,41E+01	0	18,18197452
	28	3005-4000	0	0	5,5020000	0	0	3,35E+01	0	18,18197452

MUESTRA M4

Longitud total barrida, T _{tot}		1200 mm								
Columna	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
Materia	Clase	Límite de las clases	# cuerdas en cada clase	Frecuencia de la cuerda	Fracción encontrada	Total posible	Huecos en la clase	Volumen de los huecos	Contenido de aire	Contenido de aire acumulado
Fuente		(Establecido por la norma EN480-11-2006)	Medida Ci	A3/T _{tot}	(Establecido por la norma EN480-11-2006)	A4/A5	A6-valor siguiente de A6	(Establecido por la norma EN480-11-2006)	A7*A8*100	Total acumulado de A9
Unidades		µm		mm ⁻¹	mm ²	mm ⁻³	mm ⁻³	mm ³	%	%
	1	0 -10	0	0	0,0001178	0	12,12562144	0,000000524	0,000635383	0,000635383
	2	15-20	4	0,003333333	0,0002749	12,12562144	12,12562144	4,19E-06	0,005080635	0,005716018
	3	25-30	0	0	0,0004320	0	11,31861913	1,41E-05	0,015959253	0,021675271
	4	35-40	8	0,006666667	0,0005890	11,31861913	11,31861913	3,35E-05	0,037917374	0,059592645
	5	45-50	0	0	0,0007461	0	18,45290818	6,54E-05	0,120682019	0,180274664
	6	55-60	20	0,016666667	0,0009032	18,45290818	8,575823016	1,13E-04	0,0969068	0,277181465
	7	65-80	27	0,0225	0,0022780	9,877085162	9,877085162	2,68E-04	0,264705882	0,541887347
	8	85-100	0	0	0,0029060	0	0	5,24E-04	0	0,541887347
	9	105-120	0	0	0,0035340	0	8,407398511	9,05E-04	0,760869565	1,302756912
	10	125-140	42	0,035	0,0041630	8,407398511	0,928097043	1,44E-03	0,133645974	1,436402886
	11	145-160	43	0,035833333	0,0047910	7,479301468	1,02054524	2,14E-03	0,218396681	1,654799568
	12	165-180	42	0,035	0,0054190	6,458756228	0,946927844	3,05E-03	0,288812993	1,94361256
	13	185-200	40	0,033333333	0,0060476	5,511828384	0,854259094	4,19E-03	0,35793456	2,30154712
	14	205-220	51	0,0425	0,0066760	6,366087478	3,513769113	5,58E-03	1,960683165	4,262230286
	15	225-240	25	0,020833333	0,0073040	2,852318364	1,171575476	7,24E-03	0,848220645	5,11045093
	16	245-260	16	0,013333333	0,0079330	1,680742888	0,512655048	9,20E-03	0,471642644	5,582093575
	17	265-280	12	0,01	0,0085610	1,16808784	0,736363134	1,15E-02	0,846817604	6,428911178
	18	285-300	21	0,0175	0,0091890	1,904450974	1,029645375	1,41E-02	1,451799979	7,880711157
	19	305-350	27	0,0225	0,0257200	0,874805599	0,144057988	2,24E-02	0,322689893	8,20340105
	20	355-400	26	0,021666667	0,0296500	0,730747611	0,333685868	3,35E-02	1,117847658	9,321248708
	21	405-450	16	0,013333333	0,0335800	0,397061743	0,130395076	4,77E-02	0,621984515	9,943233222
	22	455-500	12	0,01	0,0375000	0,266666667	0,221545403	6,54E-02	1,448906937	11,39214016
	23	505-1000	32	0,026666667	0,5910000	0,045121263	0,040885555	5,24E-01	2,142403065	13,53454322
	24	1005-1500	5	0,004166667	0,9837000	0,004235709	0,003630089	1,77	0,642525676	14,1770689
	25	1505-2000	1	0,000833333	1,3760000	0,00060562	0,000134544	4,19	0,056374027	14,23344293
	26	2005-2500	1	0,000833333	1,7690000	0,000471076	0,000471076	8,18	0,385340117	14,61878304
	27	2505-3000	0	0	2,1620000	0	0,00030292	1,41E+01	0,427117412	15,04590046
	28	3005-4000	2	0,001666667	5,5020000	0,00030292	0,00030292	3,35E+01	1,014782503	16,06068296

Longitud total barrida, T _{tot}		1200 mm								
Columna	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
Materia	Clase	Límite de las clases	# cuerdas en cada clase	Frecuencia de la cuerda	Fracción encontrada	Total posible	Huecos en la clase	Volumen de los huecos	Contenido de aire	Contenido de aire acumulado
Fuente		(Establecido por la norma EN480-11-2006)	Medida Ci	A3/T _{tot}	(Establecido por la norma EN480-11-2006)	A4/A5	A6-valor siguiente de A6	(Establecido por la norma EN480-11-2006)	A7*A8*100	Total acumulado de A9
Unidades		µm		mm ⁻¹	mm ²	mm ⁻³	mm ⁻³	mm ³	%	%
	1	0 -10	0	0	0,0001178	0	6,062810719	5,24E-07	0,00031769	0,00031769
	2	15-20	2	0,00166667	0,0002749	6,06281072	6,062810719	4,19E-06	0,00254032	0,00285801
	3	25-30	0	0	0,0004320	0	16,97792869	1,41E-05	0,02393888	0,02679689
	4	35-40	12	0,01	0,0005890	16,9779287	16,97792869	3,35E-05	0,05687606	0,08367295
	5	45-50	0	0	0,0007461	0	26,75671686	6,54E-05	0,17498893	0,25866188
	6	55-60	29	0,02416667	0,0009032	26,7567169	18,70872154	1,13E-04	0,21140855	0,47007043
	7	65-80	22	0,01833333	0,0022780	8,04799532	3,459787013	2,68E-04	0,09272229	0,56279272
	8	85-100	16	0,01333333	0,0029060	4,5882083	0,343726131	5,24E-04	0,01801125	0,58080397
	9	105-120	18	0,015	0,0035340	4,24448217	4,563268648	9,05E-04	0,41297581	0,99377979
	10	125-140	44	0,03666667	0,0041630	8,80775082	2,372072813	1,44E-03	0,34157849	1,33535827
	11	145-160	37	0,03083333	0,0047910	6,43567801	2,744960163	2,14E-03	0,58742147	1,92277975
	12	165-180	24	0,02	0,0054190	3,69071784	0,521416524	3,05E-03	0,15903204	2,08181178
	13	185-200	23	0,01916667	0,0060476	3,16930132	1,296922651	4,19E-03	0,54341059	2,62522238
	14	205-220	15	0,0125	0,0066760	1,87237867	0,523568756	5,58E-03	0,29215137	2,91737374
	15	225-240	21	0,0175	0,0073040	2,39594743	0,505111677	7,24E-03	0,36570085	3,2830746
	16	245-260	18	0,015	0,0079330	1,89083575	0,528066602	9,20E-03	0,48582127	3,76889587
	17	265-280	14	0,01166667	0,0085610	1,36276915	0,818640297	1,15E-02	0,94143634	4,71033221
	18	285-300	6	0,005	0,0091890	0,54412885	0,136275505	1,41E-02	0,19214846	4,90248067
	19	305-350	21	0,0175	0,0257200	0,68040435	0,315030549	2,24E-02	0,70566843	5,6081491
	20	355-400	13	0,01083333	0,0296500	0,36537381	0,290924729	3,35E-02	0,97459784	6,58274694
	21	405-450	3	0,0025	0,0335800	0,07444908	0,030004632	4,77E-02	0,1431221	6,72586904
	22	455-500	2	0,00166667	0,0375000	0,04444444	0,010603497	6,54E-02	0,06934687	6,79521591

	23	505-1000	24	0,02	0,5910000	0,03384095	0,033840948	5,24E-01	1,77326565	8,56848156
	24	1005-1500	0	0	0,9837000	0	0	1,77	0	8,56848156
	25	1505-2000	0	0	1,3760000	0	0	4,19	0	8,56848156
	26	2005-2500	0	0	1,7690000	0	0	8,18	0	8,56848156
	27	2505-3000	0	0	2,1620000	0	0	1,41E+01	0	8,56848156
	28	3005-4000	0	0	5,5020000	0	0	3,35E+01	0	8,56848156

MUESTRA M6

Longitud total barrida, T _{to}		1200 mm								
Columna	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
Materia	Clase	Límite de las clases	# cuerdas en cada clase	Frecuencia de la cuerda	Fracción encontrada	Total posible	Huecos en la clase	Volumen de los huecos	Contenido de aire	Contenido de aire acumulado
Fuente		(Establecido por la norma EN480-11-2006)	Medida Ci	A3/T _{tot}	(Establecido por la norma EN480-11-2006)	A4/A5	A6-valor siguiente de A6	(Establecido por la norma EN480-11-2006)	A7*A8*100	Total acumulado de A9
Unidades		µm		mm ⁻¹	mm ²	mm ⁻³	mm ⁻³	mm ³	%	%
	1	0-10	0	0	0,0001178	0	0	0,000000524	0	0
	2	15-20	0	0	0,0002749	0	0	4,19E-06	0	0
	3	25-30	0	0	0,0004320	0	1,414827391	1,41E-05	0,001994907	0,001994907
	4	35-40	1	0,000833333	0,0005890	1,414827391	1,414827391	3,35E-05	0,004739672	0,006734578
	5	45-50	0	0	0,0007461	0	0,922645409	6,54E-05	0,006034101	0,012768679
	6	55-60	1	0,000833333	0,0009032	0,922645409	2,735534281	1,13E-04	0,030911537	0,043680217
	7	65-80	10	0,008333333	0,0022780	3,65817969	2,077080691	2,68E-04	0,055665763	0,099345979
	8	85-100	20	0,016666667	0,0029060	5,735260381	5,735260381	5,24E-04	0,300527644	0,399873623
	9	105-120	0	0	0,0035340	0	7,406517736	9,05E-04	0,670289855	1,070163478
	10	125-140	37	0,030833333	0,0041630	7,406517736	0,246720976	1,44E-03	0,035527821	1,105691299
	11	145-160	44	0,036666667	0,0047910	7,653238711	0,886922663	2,14E-03	0,18980145	1,295492749
	12	165-180	44	0,036666667	0,0054190	6,766316048	0,565509117	3,05E-03	0,172480281	1,467973029
	13	185-200	45	0,0375	0,0060476	6,200806932	0,290105791	4,19E-03	0,121554326	1,589527356
	14	205-220	52	0,043333333	0,0066760	6,490912722	2,497667012	5,58E-03	1,393698193	2,983225548
	15	225-240	35	0,029166667	0,0073040	3,99324571	0,421667072	7,24E-03	0,30528696	3,288512509
	16	245-260	34	0,028333333	0,0079330	3,571578638	1,138062304	9,20E-03	1,04701732	4,335529828
	17	265-280	25	0,020833333	0,0085610	2,433516334	0,801129785	1,15E-02	0,921299252	5,256829081
	18	285-300	18	0,015	0,0091890	1,632386549	0,077176596	1,41E-02	0,108819	5,365648081
	19	305-350	48	0,04	0,0257200	1,555209953	0,880673697	2,24E-02	1,972709081	7,338357162
	20	355-400	24	0,02	0,0296500	0,674536256	0,227841795	3,35E-02	0,763270014	8,101627176
	21	405-450	18	0,015	0,0335800	0,446694461	0,024472239	4,77E-02	0,116732579	8,218359755
	22	455-500	19	0,015833333	0,0375000	0,422222222	0,330569656	6,54E-02	2,16192555	10,38028531
	23	505-1000	65	0,054166667	0,5910000	0,091652566	0,085722574	5,24E-01	4,491862881	14,87214819
	24	1005-1500	7	0,005833333	0,9837000	0,005929992	0,005324372	1,77	0,942413853	15,81456204
	25	1505-2000	1	0,000833333	1,3760000	0,00060562	0,00060562	4,19	0,253754845	16,06831688
	26	2005-2500	0	0	1,7690000	0	0	8,18	0	16,06831688
	27	2505-3000	0	0	2,1620000	0	0	1,41E+01	0	16,06831688
	28	3005-4000	0	0	5,5020000	0	0	3,35E+01	0	16,06831688

MUESTRA M7

Longitud total barrida		1200 mm								
Columna	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
Materia	Clase	Límite de las clases	# cuerdas en cada clase	Frecuencia de la cuerda	Fracción encontrada	Total posible	Huecos en la clase	Volumen de los huecos	Contenido de aire	Contenido de aire acumulado
Fuente		(Establecido por la norma EN480-11-2006)	Medida Ci	A3/T _{tot}	(Establecido por la norma EN480-11-2006)	A4/A5	A6-valor siguiente de A6	(Establecido por la norma EN480-11-2006)	A7*A8*100	Total acumulado de A9
Unidades		µm		mm ⁻¹	mm ²	mm ⁻³	mm ⁻³	mm ³	%	%
	1	0-10	0	0	0,0001178	0	0	0,000000524	0	0
	2	15-20	0	0	0,0002749	0	0	4,19E-06	0	0
	3	25-30	0	0	0,0004320	0	0	1,41E-05	0	0
	4	35-40	0	0	0,0005890	0	0	3,35E-05	0	0
	5	45-50	0	0	0,0007461	0	0	6,54E-05	0	0
	6	55-60	0	0	0,0009032	0	1,463271876	1,13E-04	0,016534972	0,016534972
	7	65-80	4	0,003333333	0,0022780	1,463271876	1,977884353	2,68E-04	0,053007301	0,069542273
	8	85-100	12	0,01	0,0029060	3,441156228	0,139892316	5,24E-04	0,007330357	0,07687263
	9	105-120	14	0,011666667	0,0035340	3,301263912	4,505606133	9,05E-04	0,407757355	0,484629985
	10	125-140	39	0,0325	0,0041630	7,806870046	0,153631334	1,44E-03	0,022122912	0,506752897
	11	145-160	44	0,036666667	0,0047910	7,653238711	1,502042304	2,14E-03	0,321437053	0,82818995
	12	165-180	40	0,033333333	0,0054190	6,151196408	0,225980895	3,05E-03	0,068924173	0,897114123
	13	185-200	43	0,035833333	0,0060476	5,925215512	1,556331949	4,19E-03	0,652103087	1,54921721
	14	205-220	35	0,029166667	0,0066760	4,368883563	2,087028872	5,58E-03	1,16456211	2,713779321
	15	225-240	20	0,016666667	0,0073040	2,281854691	0,496065373	7,24E-03	0,35915133	3,07293065
	16	245-260	17	0,014166667	0,0079330	1,785789319	0,355705055	9,20E-03	0,32724865	3,400179301
	17	265-280	22	0,018333333	0,0085610	2,141494374	0,871860391	1,15E-02	1,00263945	4,40281875
	18	285-300	14	0,011666667	0,0091890	1,269633983	0,492029006	1,41E-02	0,693760898	5,096579649
	19	305-350	24	0,02	0,0257200	0,777604977	0,384125494	2,24E-02	0,860441106	5,957020755
	20	355-400	14	0,011666667	0,0296500	0,393479483	0,120499534	3,35E-02	0,40367344	6,360694196
	21	405-450	11	0,009166667	0,0335800	0,272979948	0,072979948	4,77E-02	0,348114354	6,708808549
	22	455-500	9	0,0075	0,0375000	0,2	0,168979131	6,54E-02	1,105123519	7,813932069
	23	505-1000	22	0,018333333	0,5910000	0,031020869	0,030173727	5,24E-01	1,581103286	9,395035355
	24	1005-1500	1	0,000833333	0,9837000	0,000847142	0,000241522	1,77	0,042749321	9,437784676
	25	1505-2000	1	0,000833333	1,3760000	0,00060562	0,000336532	4,19	0,141006791	9,578791467
	26	2005-2500	2	0,001666667	1,7690000	0,000942152	0,000214185	8,18	0,175203208	9,753994675
	27	2505-3000	3	0,0025	2,1620000	0,001156337	0,001004877	1,41E+01	1,416876077	11,17087075
	28	3005-4000	1	0,000833333	5,5020000	0,00015146	0,00015146	3,35E+01	0,507391252	11,678262