



INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE UNA BARRERA ACÚSTICO-ATMOSFÉRICA

Enero-Diciembre 2022

ÍNDICE

1. OBJETO

2. DISEÑO PREVIO

- 2.1. Selección de materiales
- 2.2. Diseño de elementos por módulos
- 2.3. Ensamblado y ajuste de módulos
- 2.4. Selección de sistema de ventilación
- 2.5. Selección de sistema de bombeo
- 2.6. Selección de difusores o boquillas

3. DISEÑO MÓDULO DISPERSORES Y DIFUSORES

4. CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL Y PRUEBAS PREVIAS

- 4.1. Ensamblado
- 4.2. Medición de caudales
- 4.3. Generación de contaminante con motor de combustión
- 4.4. Generación de contaminante con quema de biomasa
- 4.5. Prueba de sensores

5. DEFINICIÓN DE LOS ENSAYOS

6. DESCARGA Y TRATAMIENTO DE DATOS

7. CONCLUSIONES

- 7.1. Conclusiones de los ensayos
- 7.2. Conclusiones de resultados
- 7.3. Conclusiones finales

8. ANEXO I: Montaje cámara anecoica

9. ANEXO II: Montaje entorno relevante

1. OBJETO

El objeto de este informe es la investigación y desarrollo de una barrera acústico-atmosférica. Para ello se llevaron a cabo una serie de ensayos en túnel del viento y entorno relevante. Se expondrán los diferentes pasos seguidos desde el diseño de los elementos del túnel del viento hasta la adaptación del sistema a un entorno relevante, pasando por la captación, tratamiento, análisis y resultados de los datos de los ensayos realizados.

2. DISEÑO PREVIO

En base a la experiencia del grupo de trabajo de Sonic Crystals Technologies de la UPV se plantearon diferentes modelos de distribución de tubos, tamaño de tubos y difusión de agua para la barrera acústico-atmosférica. Entre todos los modelos se decantó por una distribución cuadrada de los tubos, tubos de 110 mm de diámetro y una difusión en forma de cortina para el agua.

El diseño y características de la barrera serían:

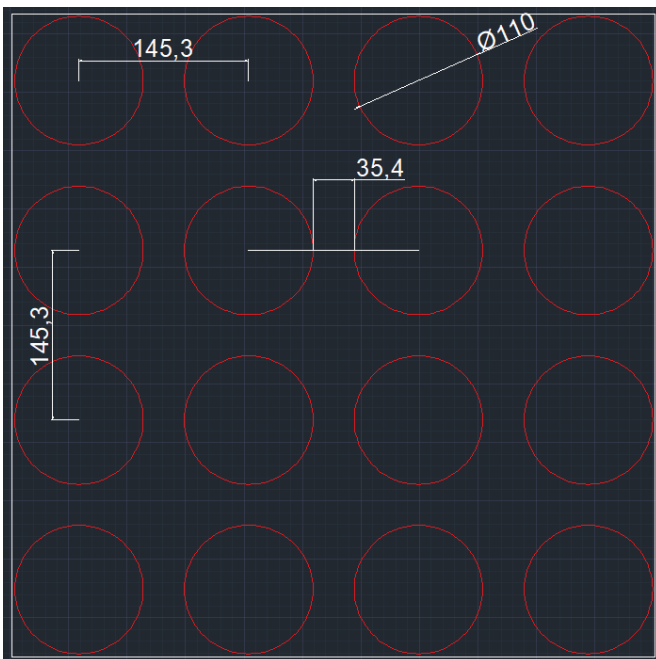


Foto 1: Distribución de tubos dispersores

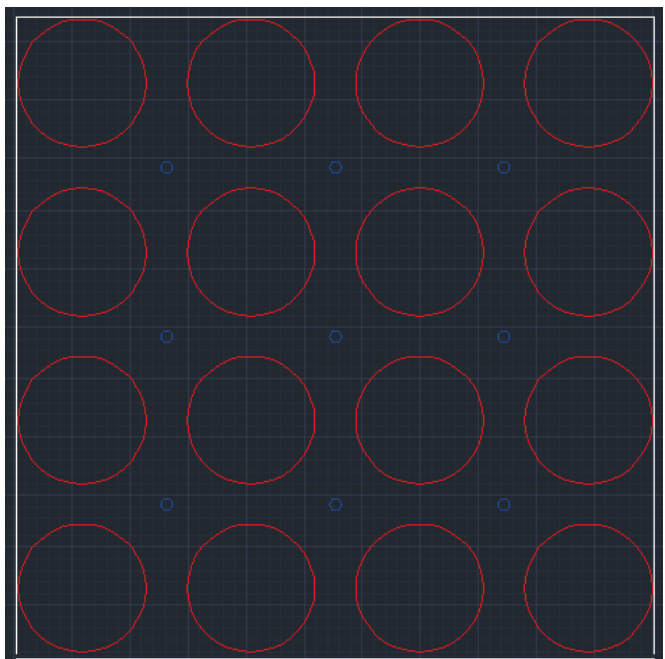


Foto 2: Reparto de difusores de agua

A continuación se describen las diferentes fases para llevar a cabo este diseño

2.1. Selección de materiales.

Acero galvanizado para la estructura del túnel, PVC para los dispersores y materiales plásticos para los difusores o boquillas de agua y el resto de accesorios y componentes.

2.2. Diseño de elementos por módulos.

Se diseña el túnel con elementos cuadrados de 550 x 550 mm de diferentes longitudes (1.400 mm, 1.000 mm y 500mm) para el acoplamiento de las diferentes partes del mismo.



Foto 3: Conductos.

2.3. Ensamblado y ajuste de módulos.

Los módulos con formato METU se unen por mediación de tornillería y las uniones están selladas con doble burlete adhesivo en su borde. En el módulo central donde se alojan los dispersores y difusores, las tapas se sellan para asegurar el estancamiento de las diferentes partes.



Foto 4: Unión METU y burlete.

2.4. Selección de sistema de ventilación.

Se acopla al conducto de entrada un ventilador doméstico de 120W. Tras la prueba de varios ventiladores, se selecciona este en concreto por obtener un caudal y velocidad de aire a lo largo de la cámara acorde con los valores que se pueden obtener de forma natural en la realidad.



Foto 5: Ventilador doméstico.

2.5. Selección de sistema de bombeo.

Para los requisitos de caudal de agua necesario para los ensayos, se utiliza una bomba Tornado sumergible (220V, 0,25A) con salida de 16 mm para distribución en polietileno.

Foto 6: Bomba Tornado.



2.6. Selección de difusores o boquillas.

Se seleccionaron unas boquillas de PVC de pulverización plana de gran ángulo a presiones muy bajas.



Foto 7: Boquillas de difusión.

3. DISEÑO MÓDULO DISPERSORES Y DIFUSORES

El módulo de los dispersores y difusores de agua tiene un diseño especial para el ajuste del espacio de los dispersores al conducto principal, y a la vez tiene que cumplir con los requisitos de entrada y salida de agua del módulo.

Se diseñó una rejilla para la fijación y colocación de los tubos con las dimensiones correspondientes para respetar las distancias de separación entre tubos. La rejilla se acopló al conducto del túnel del viento y finalmente se situaron las boquillas para una buena distribución del agua.



Foto 8: Rejilla de distribución



Foto 9: Módulo con rejilla de distribución



Foto 10: Módulo con dispersores



Foto 11: Módulo con dispersores



Foto 12: Difusores de agua



Foto 13: Cortina de agua de difusores

4. CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL Y PRUEBAS PREVIAS

Una vez diseñadas todas las partes y elementos del túnel del viento, procedemos a las siguientes fases:

4.1. Ensamblado.

Para una mejor homogeneización del aire dentro del túnel se dispuso una doble rejilla entre la entrada del aire y el primer módulo de medición.

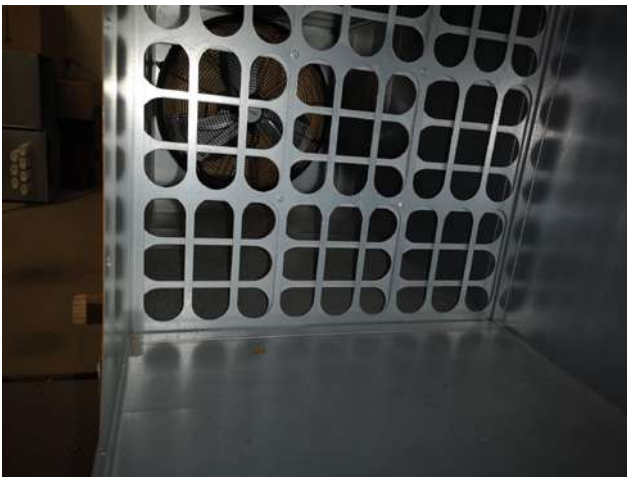


Foto 14: Rejilla de homogeneización



Foto 15: Ensamblado del túnel.

4.2. Medición de caudales.

En primer lugar se ajustó la entrada y dimensiones del conducto inicial a las características del ventilador doméstico elegido de 120 W.



Foto 16: Acoplamiento ventilador doméstico.

A continuación se realizaron las pruebas de caudal de aire a través del túnel para los 3 niveles de velocidad del ventilador doméstico. Para ello se determinaron 5 puntos de medida para el cálculo medio de la velocidad y caudal de aire en el túnel:

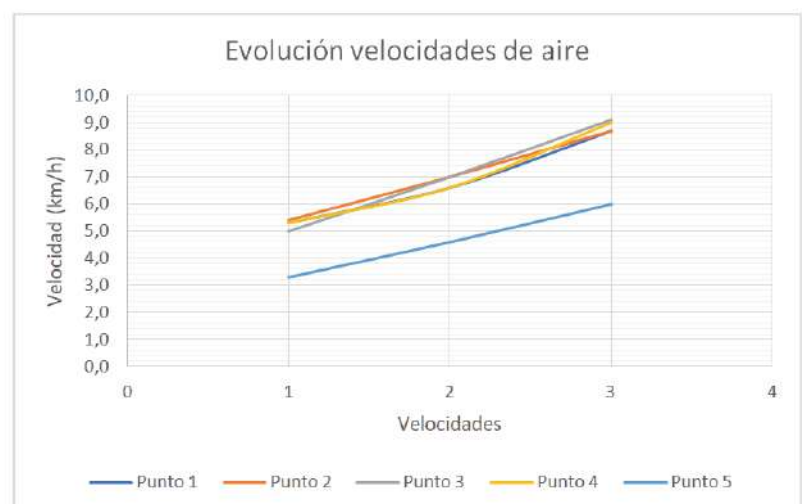


Foto 17: Puntos de medida en el interior del conducto

En la siguiente gráfica y tabla se resumen los resultados obtenidos:

Velocidad	Vmedia (km/h)	Caudal aire (m3/h)
Nivel 1	4,9	818
Nivel 2	6,4	1.070
Nivel 3	8,3	1.397

Foto 18: Velocidades y caudales medios para los diferentes niveles.



Para los diferentes ensayos emplearemos los 3 niveles de velocidad disponibles del ventilador.

4.3. Generación de contaminante con motor de combustión.

Una de las 2 fuentes que se emplearon para el aporte extra de agentes contaminantes en el túnel del viento fue un motor de gasolina de 2T situado en la aspiración del ventilador:



Foto 19: Fuente contaminante. Motor gasolina

4.4. Generación de contaminante con quema de biomasa.

La otra fuente de contaminación utilizada para los diferentes ensayos fue la quema controlada de biomasa en la aspiración del ventilador:



Foto 20: Fuente contaminante. Quema biomasa

4.5. Prueba de sensores.

Los sensores utilizados para la determinación del material particulado ambiental se pusieron en marcha en diferentes condiciones de trabajo (reposo, con contaminante, con recirculación de agua, etc) para verificar la reproducibilidad de las medidas obtenidas y determinar la desviación entre cada uno de los sensores. Para minimizar errores y desviaciones se montaron por pares, obteniendo así una medida más robusta y fiable.



Foto 21: Situación de los sensores en el túnel del viento

5. DEFINICIÓN DE LOS ENSAYOS

Tras el estudio de las diferentes posibilidades y configuraciones de ensayo, se optó por una situación que contemplara el mayor número de escenarios posibles y con un tiempo de ensayo más que suficiente para obtener la estabilidad de la medida de los sensores.

Las diferentes configuraciones nos servirán para poder comparar bien el comportamiento de los sensores y así poder obtener factores de corrección en algunos de los resultados si fuera necesario.

El tiempo de ensayo para cada uno de los ensayos se fijó en 50 minutos. En el tratamiento de datos se cogieron los datos obtenidos en los 40 minutos centrales de cada escenario, descartando los primeros y últimos 5 minutos de cada uno para asegurarnos la estabilidad de la medida y las posibles irregularidades en el cambio de condiciones entre los ensayos.

Los parámetros obtenidos de cada uno de los sensores instalados y los ensayos realizados son:

1. Número de datos
2. Temperatura
3. Humedad
4. Material particulado: PM1, PM2.5 y PM10
5. Número de partículas por tamaño: P0.3, P0.5, P1.0, P2.5, P5.0 y P10.0

Para las diferentes configuraciones de los ensayos, se tuvieron en cuenta las siguientes variables:

- **Velocidad del aire:** el ventilador elegido nos proporciona 3 niveles de velocidad.
- **Tipo de contaminante:** Sin contaminante, motor gasolina y quema biomasa.
- **Dispersores o Cristal:** 4 filas de tubos.
- **Difusores de agua:** Sin agua, 1 y 2 cortinas de agua intercaladas en las filas de tubos.

Con todas estas variables se determinaron los siguientes escenarios posibles para los ensayos:

1. SIN DISPERSORES. Paso libre entre sensores

1.1. AMBIENTE

- 1.1.1. Sin Ventilación (velocidad 0)
- 1.1.2. Ventilación (velocidad 1)
- 1.1.3. Ventilación (velocidad 2)
- 1.1.4. Ventilación (velocidad 3)
- 1.1.5. Agua + Ventilación (velocidad 1)
- 1.1.6. Agua + Ventilación (velocidad 2)
- 1.1.7. Agua + Ventilación (velocidad 3)

1.2. Con contaminante. MOTOR GASOLINA

- 1.2.1. Motor + Ventilación (velocidad 1)
- 1.2.2. Motor + Ventilación (velocidad 2)
- 1.2.3. Motor + Ventilación (velocidad 3)
- 1.2.4. Motor + Agua + Ventilación (velocidad 1)
- 1.2.5. Motor + Agua + Ventilación (velocidad 2)
- 1.2.6. Motor + Agua + Ventilación (velocidad 3)

1.3. Con contaminante. QUEMA BIOMASA

- 1.3.1. Biomasa + Ventilación (velocidad 1)
- 1.3.2. Biomasa + Ventilación (velocidad 2)
- 1.3.3. Biomasa + Ventilación (velocidad 3)
- 1.3.4. Biomasa + Agua + Ventilación (velocidad 1)
- 1.3.5. Biomasa + Agua + Ventilación (velocidad 2)
- 1.3.6. Biomasa + Agua + Ventilación (velocidad 3)

2. CON DISPERSORES (Cristal)

2.1. AMBIENTE

- 2.1.1. Cristal + Sin Ventilación (velocidad 0)
- 2.1.2. Cristal + Ventilación (velocidad 1)
- 2.1.3. Cristal + Ventilación (velocidad 2)
- 2.1.4. Cristal + Ventilación (velocidad 3)
- 2.1.5. Cristal + Agua + Ventilación (velocidad 1)
- 2.1.6. Cristal + Agua + Ventilación (velocidad 2)
- 2.1.7. Cristal + Agua + Ventilación (velocidad 3)
- 2.1.8. Cristal + Agua + Agua + Ventilación (velocidad 1)
- 2.1.9. Cristal + Agua + Agua + Ventilación (velocidad 2)
- 2.1.10. Cristal + Agua + Agua + Ventilación (velocidad 3)

2.2. Con contaminante. MOTOR GASOLINA

- 2.2.1. Cristal + Motor + Ventilación (velocidad 1)
- 2.2.2. Cristal + Motor + Ventilación (velocidad 2)
- 2.2.3. Cristal + Motor + Ventilación (velocidad 3)
- 2.2.4. Cristal + Motor + Agua + Ventilación (velocidad 1)
- 2.2.5. Cristal + Motor + Agua + Ventilación (velocidad 2)
- 2.2.6. Cristal + Motor + Agua + Ventilación (velocidad 3)
- 2.2.7. Cristal + Motor + Agua + Agua + Ventilación (velocidad 1)
- 2.2.8. Cristal + Motor + Agua + Agua + Ventilación (velocidad 2)
- 2.2.9. Cristal + Motor + Agua + Agua + Ventilación (velocidad 3)

2.3. Con contaminante. QUEMA BIOMASA

- 2.3.1. Cristal + Biomasa + Ventilación (velocidad 1)
- 2.3.2. Cristal + Biomasa + Ventilación (velocidad 2)
- 2.3.3. Cristal + Biomasa + Ventilación (velocidad 3)
- 2.3.4. Cristal + Biomasa + Agua + Ventilación (velocidad 1)
- 2.3.5. Cristal + Biomasa + Agua + Ventilación (velocidad 2)
- 2.3.6. Cristal + Biomasa + Agua + Ventilación (velocidad 3)
- 2.3.7. Cristal + Biomasa + Agua + Agua + Ventilación (velocidad 1)
- 2.3.8. Cristal + Biomasa + Agua + Agua + Ventilación (velocidad 2)
- 2.3.9. Cristal + Biomasa + Agua + Agua + Ventilación (velocidad 3)

6. DESCARGA Y TRATAMIENTO DE DATOS

Los datos recogidos por los dispositivos de medición en los diferentes ensayos realizados, se almacenan y envían de forma diaria en formato CSV. Tras la recopilación de los envíos diarios y adaptación de los datos en una tabla formato XLS, se representan y tratan con Qlik Sense.

En la siguiente foto podemos ver la representación de los datos, diferenciándose claramente los diferentes ensayos que se llevaron a cabo:



Foto 22: Representación gráfica de los datos obtenidos de los sensores

En un día de ensayos se programan 2 bloques de medidas con un intervalo entre ambos para recuperar condiciones iniciales tras el ensayo anterior:



Foto 23: Detalle gráfico de los datos de 1 día de ensayos

Cada ensayo contempla diferentes escenarios que se acotan y delimitan en el tiempo. De esta manera obtenemos la secuencia de cada escenario.



Foto 24: Evolución de un ensayo con Dispensores + Agua + Motor

De cada escenario individual se obtiene un valor medio de los 40 minutos centrales de ensayo para cada uno de los parámetros definidos. De esta manera obtenemos una tabla Excel que nos determina y caracteriza cada escenario.

Número	Fecha	Contaminante	Barreras	Ensayo	Velocidad	Minutos ensayo	Parámetro	N55 PSM1	N55 PSM2	N56 PSM1	N56 PSM2	N57 PSM1	N57 PSM2	N55 Media	N56 Media	N57 Media
260	10/06/2022	Humo	Cristal	Humo + Ventilador + Cristal	V1	50	P10.0	5056	7174	3298	5576	1917	1577	6105	4437	1747
261	10/06/2022	Humo	Cristal	Humo + Ventilador + Cristal	V2	50	Datos	29	29	34	33	21	24	29	34	23
262	10/06/2022	Humo	Cristal	Humo + Ventilador + Cristal	V2	50	PM1	266	196	164	171	195	159	181	168	177
263	10/06/2022	Humo	Cristal	Humo + Ventilador + Cristal	V2	50	PM2.5	1195	1383	1162	1221	1330	1184	1289	1192	1257
264	10/06/2022	Humo	Cristal	Humo + Ventilador + Cristal	V2	50	PM10	3380	4382	2416	3362	2476	2666	3881	2889	2571
265	10/06/2022	Humo	Cristal	Humo + Ventilador + Cristal	V2	50	P0.5	63074	63239	61834	62303	64307	64221	63157	62070	64264
266	10/06/2022	Humo	Cristal	Humo + Ventilador + Cristal	V2	50	P0.5	25965	31280	23642	26618	27282	25124	28623	25130	26203
267	10/06/2022	Humo	Cristal	Humo + Ventilador + Cristal	V2	50	P1.0	19282	23256	17119	19770	19899	19114	21269	18445	19507
268	10/06/2022	Humo	Cristal	Humo + Ventilador + Cristal	V2	50	P2.5	9546	11330	6799	8523	6550	7868	10338	7661	7259
269	10/06/2022	Humo	Cristal	Humo + Ventilador + Cristal	V2	50	P5.0	4437	6162	2269	3993	2196	2666	3300	3131	2431
270	10/06/2022	Humo	Cristal	Humo + Ventilador + Cristal	V2	50	P10.0	2314	3665	1500	2311	1119	833	2989	1906	976
271	10/06/2022	Humo	Cristal	Humo + Ventilador + Cristal	V3	50	Datos	47	47	49	47	43	42	47	48	43
272	10/06/2022	Humo	Cristal	Humo + Ventilador + Cristal	V3	50	PM1	156	178	143	166	160	146	167	154	154
273	10/06/2022	Humo	Cristal	Humo + Ventilador + Cristal	V3	50	PM2.5	609	698	572	611	641	602	634	592	622
274	10/06/2022	Humo	Cristal	Humo + Ventilador + Cristal	V3	50	PM10	1146	1440	906	1102	1015	1004	1293	1004	1009
275	10/06/2022	Humo	Cristal	Humo + Ventilador + Cristal	V3	50	P0.5	48882	51116	45438	48843	48469	47673	49999	47341	48071
276	10/06/2022	Humo	Cristal	Humo + Ventilador + Cristal	V3	50	P0.5	15927	18520	14513	16213	16305	15611	17224	15363	15957
277	10/06/2022	Humo	Cristal	Humo + Ventilador + Cristal	V3	50	P1.0	8837	10562	8103	8886	9225	9052	9700	8495	9139
278	10/06/2022	Humo	Cristal	Humo + Ventilador + Cristal	V3	50	P2.5	2795	3005	2153	2315	2353	2508	3049	2254	2181
279	10/06/2022	Humo	Cristal	Humo + Ventilador + Cristal	V3	50	P5.0	1080	1523	592	890	700	697	1302	741	700
280	10/06/2022	Humo	Cristal	Humo + Ventilador + Cristal	V3	50	P10.0	518	844	376	480	347	198	681	428	273
281	09/06/2022	Motor	Agua-Cristal	Motor + Ventilador + Agua + Cristal	V1	50	Datos	37	36	47	46	44	45	37	47	45
282	09/06/2022	Motor	Agua-Cristal	Motor + Ventilador + Agua + Cristal	V1	50	PM1	275	263	269	287	279	270	269	278	274
283	09/06/2022	Motor	Agua-Cristal	Motor + Ventilador + Agua + Cristal	V1	50	PM2.5	327	315	318	349	313	320	321	333	316
284	09/06/2022	Motor	Agua-Cristal	Motor + Ventilador + Agua + Cristal	V1	50	PM10	355	321	329	356	317	322	327	359	319
285	09/06/2022	Motor	Agua-Cristal	Motor + Ventilador + Agua + Cristal	V1	50	P0.5	62747	61460	60879	62126	62535	61341	62104	61503	61938
286	09/06/2022	Motor	Agua-Cristal	Motor + Ventilador + Agua + Cristal	V1	50	P0.5	18969	18618	18388	19052	19363	18578	18794	18720	18971
287	09/06/2022	Motor	Agua-Cristal	Motor + Ventilador + Agua + Cristal	V1	50	P1.0	2017	1877	2043	2301	1622	2025	1947	2172	1819
288	09/06/2022	Motor	Agua-Cristal	Motor + Ventilador + Agua + Cristal	V1	50	P2.5	79	78	61	66	66	39	55	79	64
289	09/06/2022	Motor	Agua-Cristal	Motor + Ventilador + Agua + Cristal	V1	50	P5.0	11	15	9	11	8	4	12	10	6
290	09/06/2022	Motor	Agua-Cristal	Motor + Ventilador + Agua + Cristal	V1	50	P10.0	4	5	5	5	4	1	5	5	3
291	09/06/2022	Motor	Agua-Cristal	Motor + Ventilador + Agua + Cristal	V2	50	Datos	44	46	43	41	43	43	45	42	43
292	09/06/2022	Motor	Agua-Cristal	Motor + Ventilador + Agua + Cristal	V2	50	PM1	275	263	266	287	291	282	269	276	286
293	09/06/2022	Motor	Agua-Cristal	Motor + Ventilador + Agua + Cristal	V2	50	PM2.5	325	313	313	346	328	333	319	330	330
294	09/06/2022	Motor	Agua-Cristal	Motor + Ventilador + Agua + Cristal	V2	50	PM10	332	321	318	353	332	337	326	335	334
295	09/06/2022	Motor	Agua-Cristal	Motor + Ventilador + Agua + Cristal	V2	50	P0.5	64855	64560	62530	63741	64813	64240	64708	63136	64528
296	09/06/2022	Motor	Agua-Cristal	Motor + Ventilador + Agua + Cristal	V2	50	P0.5	19104	18775	18416	19153	20314	19416	18940	18885	18855
297	09/06/2022	Motor	Agua-Cristal	Motor + Ventilador + Agua + Cristal	V2	50	P1.0	1898	1798	1916	2232	1658	2067	1848	2074	1863
298	09/06/2022	Motor	Agua-Cristal	Motor + Ventilador + Agua + Cristal	V2	50	P2.5	81	79	62	65	45	59	80	64	62
299	09/06/2022	Motor	Agua-Cristal	Motor + Ventilador + Agua + Cristal	V2	50	P5.0	13	14	9	10	9	5	14	10	7
300	09/06/2022	Motor	Agua-Cristal	Motor + Ventilador + Agua + Cristal	V2	50	P10.0	4	6	5	5	4	1	5	5	3
301	09/06/2022	Motor	Agua-Cristal	Motor + Ventilador + Agua + Cristal	V3	50	Datos	47	45	30	31	30	31	46	31	31
302	09/06/2022	Motor	Agua-Cristal	Motor + Ventilador + Agua + Cristal	V3	50	PM1	296	275	270	294	309	295	280	292	302
303	09/06/2022	Motor	Agua-Cristal	Motor + Ventilador + Agua + Cristal	V3	50	PM2.5	339	328	319	357	348	349	334	358	348
304	09/06/2022	Motor	Agua-Cristal	Motor + Ventilador + Agua + Cristal	V3	50	PM10	346	336	325	363	353	353	341	345	353
305	09/06/2022	Motor	Agua-Cristal	Motor + Ventilador + Agua + Cristal	V3	50	P0.5	65514	65454	63771	65401	65335	65008	65489	64506	65522
306	09/06/2022	Motor	Agua-Cristal	Motor + Ventilador + Agua + Cristal	V3	50	P0.5	19847	19517	18666	19748	21544	20268	19732	19217	20906

Foto 25: Recopilación de datos por escenario

7. CONCLUSIONES

7.1. Conclusiones de los ensayos

Durante el transcurso del proyecto, y a partir de la realización de los ensayos, podemos enumerar una serie de observaciones y conclusiones referidos exclusivamente a las condiciones de los ensayos y características del sistema. Todos estos factores se han tenido en cuenta a la hora de obtener los resultados finales. Podemos agruparlos en diferentes temáticas como se exponen a continuación:

Agentes contaminantes:

- El entorno donde se llevaron a cabo los ensayos es un lugar cerrado, limpio y sin actividad que pueda generar contaminación. Por tanto, en los ensayos realizados en condiciones AMBIENTE, sin fuente de contaminación, tenemos unos niveles muy bajos de partículas para tamaños superiores a 2,5 micras, incluso de 1 micra.
- Para los ensayos con MOTOR como fuente contaminante, los niveles de partículas finas son muy elevados, pero no se generan partículas más gruesas de manera significativa. Por tanto, los niveles de partículas podemos considerarlos representativos entre 0,5 y 2,5 micras; para los tamaños de 0,3 micras el sensor se satura y por encima de 5 micras los niveles son bajos y poco representativos.
- Para los ensayos con BIOMASA como fuente contaminante, los niveles de partículas son elevados. Los sensores se saturan para el tamaño más pequeño de 0,3 micras, y para el resto de parámetros los valores son elevados.
- La generación de contaminante con MOTOR es muy regular, ya que se utiliza el motor de combustión a ralentí durante todo el ensayo. Sin embargo, con BIOMASA, se trabaja de forma manual y la generación de contaminante es más irregular, teniendo picos y valles en función de la aportación. Estos picos y valles se minimizaron haciendo una aportación continua y poco a poco.
- La caracterización de los contaminantes y partículas generadas es diferente para el MOTOR y la BIOMASA. Por tanto, no podremos comparar de forma directa los ensayos entre ellos, pero sí tendremos una eficacia de retención para ambos casos tan diferenciados.

Túnel del viento:

- Para los ensayos SIN DISPERSORES, la estanqueidad está asegurada y no hay fugas de contaminante.
- En los ensayos CON DISPERSORES, al tener la necesidad de evacuar el agua de la barrera, nos encontramos con pequeñas fugas de contaminante tanto en los ensayos con MOTOR y con BIOMASA.

Variables (velocidad y agua):

- Al mantener una generación de contaminante constante o similar en todos los ensayos, la variación de VELOCIDAD o CAUDAL en los diferentes escenarios, genera un efecto de dilución que podemos detectar en los valores de los sensores previos a la barrera.
- Los escenarios con AGUA hacen aumentar la humedad en el túnel del viento, sobre todo en los sensores situados después de la barrera de los difusores y dispersores. El aumento de la humedad afecta a la medida de los sensores, haciendo aumentar las partículas; este factor está tenido en cuenta en los resultados finales.

7.2. Conclusiones de resultados

Los resultados de los ensayos realizados en condiciones de AMBIENTE (sin fuente contaminante) tanto para los escenarios con y sin DISPERSORZES y/o con y sin AGUA, junto a los ensayos con MOTOR y BIOMASA con y sin DISPERSORES y con y sin AGUA de forma separada, los utilizaremos para realizar las correcciones correspondientes en los escenarios donde utilizamos la barrera acústico-atmosférica compuesta por los DISPERSORES + AGUA.

A modo de ejemplo se muestra una matriz resumen de los resultados previos en crudo sin corregir, donde se contemplan todos los posibles escenarios para los diferentes parámetros medidos:

	AMBIENTE				CRISTAL				AGUA				CRISTAL + AGUA				CRISTAL + AGUA 2				
	V0	V1	V2	V3	CR.V0	CR.V1	CR.V2	CR.V3	AG.V0	AG.V1	AG.V2	AG.V3	CR.AG.V0	CR.AG.V1	CR.AG.V2	CR.AG.V3	CR.AG2.V0	CR.AG2.V1	CR.AG2.V2	CR.AG2.V3	
AMBIENTE	PM1	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40
	PM2.5	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40
	PM10	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40
	P0.3	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40
	P0.5	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40
	P1.0	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40
	P2.5	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40
	P5.0	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40
	P10.0	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40
	Glob al	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40
MOTOR	PM1	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40
	PM2.5	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40
	PM10	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40
	P0.3	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40
	P0.5	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40
	P1.0	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40
	P2.5	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40
	P5.0	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40
	P10.0	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40
	Glob al	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40
BIOMASA	PM1	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40
	PM2.5	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40
	PM10	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40
	P0.3	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40
	P0.5	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40
	P1.0	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40
	P2.5	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40
	P5.0	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40
	P10.0	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40
	Glob al	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40	100	80	60	40

Foto 28: Matriz de escenarios

A partir de esta matriz de resultados, se aplicaron las diferentes correcciones de los valores según los condicionantes comentados en el apartado anterior (saturación de sensores por elevado número de partículas, influencia de la velocidad del aire, pérdidas por fugas, efecto de la humedad aportada por el agua, etc). En las siguientes tablas se presentan los resultados obtenidos para los parámetros representativos en cada escenario con la barrera acústico-atmosférica.

Para el ensayo con MOTOR descartamos los parámetros referidos al número de partículas más finas de 0,3 micras por saturación de los sensores:

MOTOR	CRISTAL + AGUA			Promedio
	Velocidad 1	Velocidad 2	Velocidad 3	
PM1	-2%	-2%	-1%	-2%
PM2.5	-3%	-3%	-3%	-3%
PM10	-2%	-3%	-3%	-2%
P0.3 *	---	---	---	---
P0.5	-3%	-4%	-2%	-3%
P1.0	-9%	-7%	-6%	-7%
P2.5	-32%	-28%	-25%	-28%
P5.0	-40%	-38%	-42%	-40%
P10.0	-42%	-43%	-47%	-44%
Promedio	-17%	-16%	-16%	

*Valores poco representativos por saturación de los sensores

Foto 29: Resultados ensayo MOTOR

Para el ensayo con BIOMASA descartamos los parámetros referidos al número de partículas más finas de 0,3 por saturación de los sensores:

BIOMASA	CRISTAL + AGUA			Promedio
	Velocidad 1	Velocidad 2	Velocidad 3	
PM1	-6%	-4%	-3%	-4%
PM2.5	-15%	-14%	-8%	-12%
PM10	-39%	-28%	-26%	-31%
P0.3 *	---	---	---	---
P0.5	-18%	-12%	-8%	-12%
P1.0	-20%	-14%	-9%	-15%
P2.5	-37%	-27%	-26%	-30%
P5.0	-52%	-44%	-46%	-47%
P10.0	-61%	-54%	-57%	-57%
Promedio	-31%	-25%	-23%	

*Valores poco representativos por saturación de los sensores

Foto 30: Resultados ensayo BIOMASA

7.3. Conclusiones finales

1. La eficacia de retención de partículas de la barrera disminuye con el aumento de la velocidad de paso del aire. El valor óptimo de la velocidad del aire estaría alrededor de 5 km/h, obteniendo un porcentaje global de reducción en conteo de partículas del 25-30%.
2. La barrera de dispersores y agua es capaz de retener y reducir mejor la cantidad de partículas más gruesas. En términos globales, obtenemos reducciones del 10-15% para partículas finas menores de 1 micra, mientras que para partículas mayores de 2,5 micras el porcentaje de reducción asciende a 40-45%.
3. El tipo de partícula contaminante y su composición o caracterización afecta al porcentaje de reducción de la cantidad de partículas, principalmente por su afinidad a ser retenidas por el agua y el impacto en los tubos de la barrera. Por ejemplo, para los ensayos con MOTOR como fuente contaminante encontramos un valor global de reducción del 15%; sin embargo, para los ensayos con quema de BIOMASA, este valor global se incrementa hasta el 25%.
4. Se realizaron ensayos con 2 líneas de difusores, pero los resultados obtenidos no mejoraban de forma significativa el porcentaje de reducción de partículas. En cualquier caso, si que se podría contemplar un aumento en el caudal de agua de los difusores siempre que la operativa y características del sistema no pusieran en peligro la viabilidad de la barrera acústico-atmosférica.
5. En cuanto a las diferentes fracciones de PM's (PM1, PM2.5 y PM10), y teniendo en cuenta las 2 fuentes de contaminación, obtenemos la siguiente tabla de porcentajes de reducción:

	Porcentaje de reducción
PM1	3 - 6 %
PM2.5	8 - 15 %
PM10	20 - 30%

8. ANEXO I: Montaje cámara anecoica

Para los ensayos de cámara anecoica se trasladaron las características de la barrera y la distribución de agua del túnel del viento.



Foto 1: Unión superior dispersores PVC

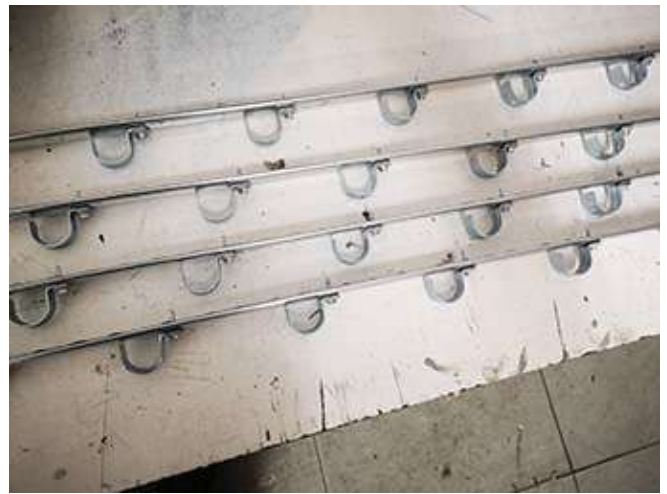


Foto 2: Separadores inferiores de los dispersores



Foto 3: Separadores entre filas de tubos

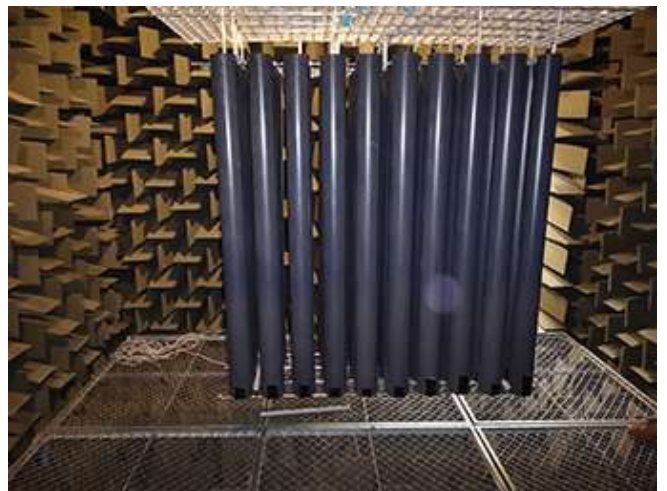


Foto 4: Montaje cámara anecoica

Para la distribución de agua se emplearon las mismas boquillas que en el túnel del viento y se diseñó un sistema de bombeo y recogida del agua utilizada.



Foto 5: Prueba previa fuera de cámara anecoica



Foto 6: Bomba de recogida de agua de la balsa

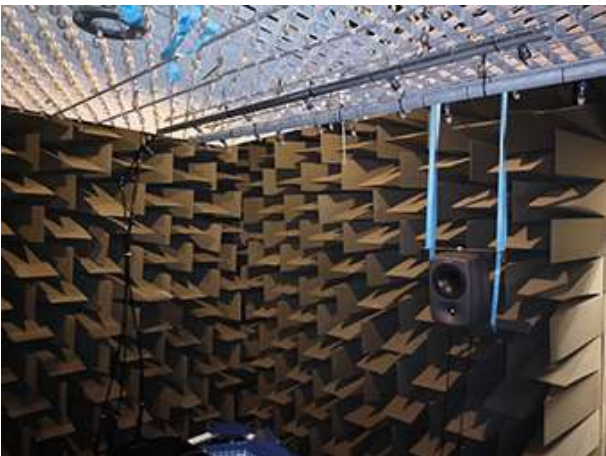


Foto 7: Difusores en cámara anecoica

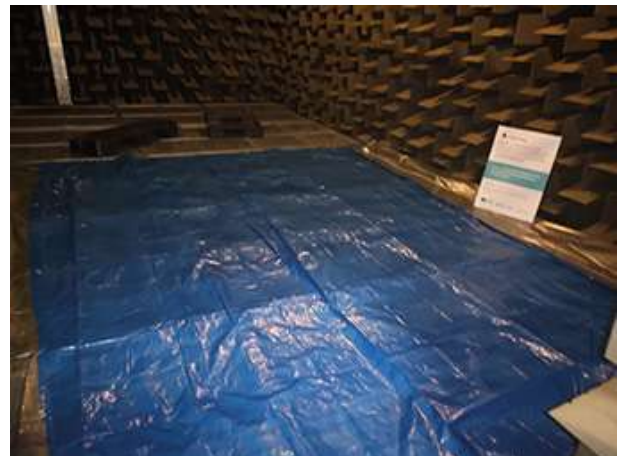


Foto 8: Lona inferior de seguridad bajo la balsa en cámara anecoica

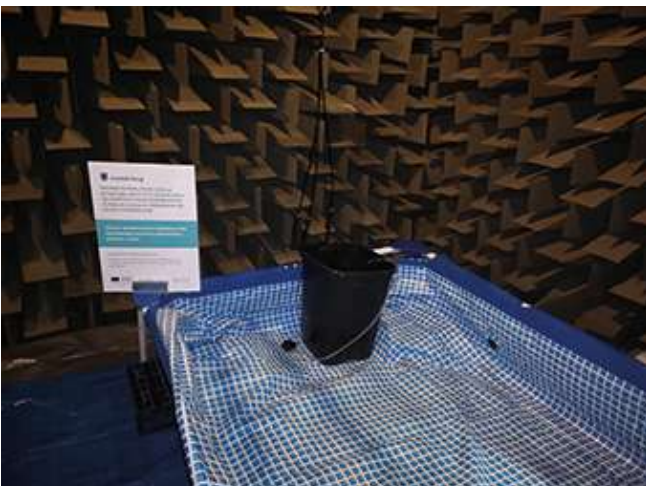


Foto 9: Sistema de bombeo y recogida de agua en cámara anecoica

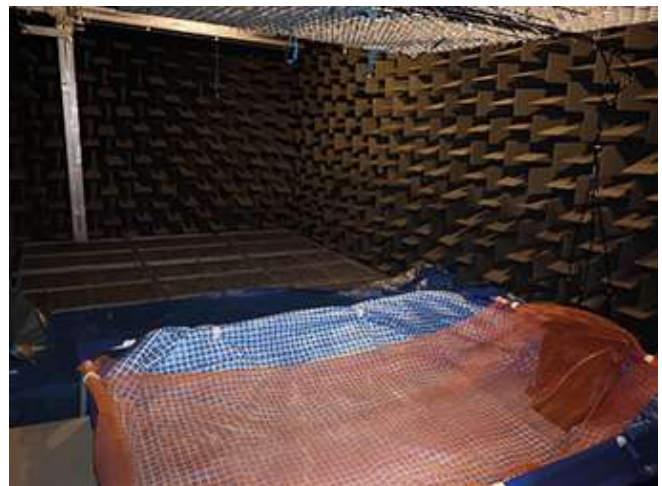


Foto 10: Montaje en cámara anecoica

9. ANEXO II: Montaje entorno relevante

Tras los ensayos y pruebas en el túnel del viento y la cámara anecoica, se replicó la barrera acústico-atmosférica en un entorno relevante. Para dicha prueba se escogió el cristal ya existente en la UPV y se acondicionó para el ensayo.



Foto 1: Cristal existente en UPV



Foto 2: Adaptación cristal UPV

Con la misma filosofía del túnel del viento y la cámara anecoica se adaptaron los sistemas de difusión de agua y recogida y bombeo de la misma.



Foto 3: Sensor de medición anterior

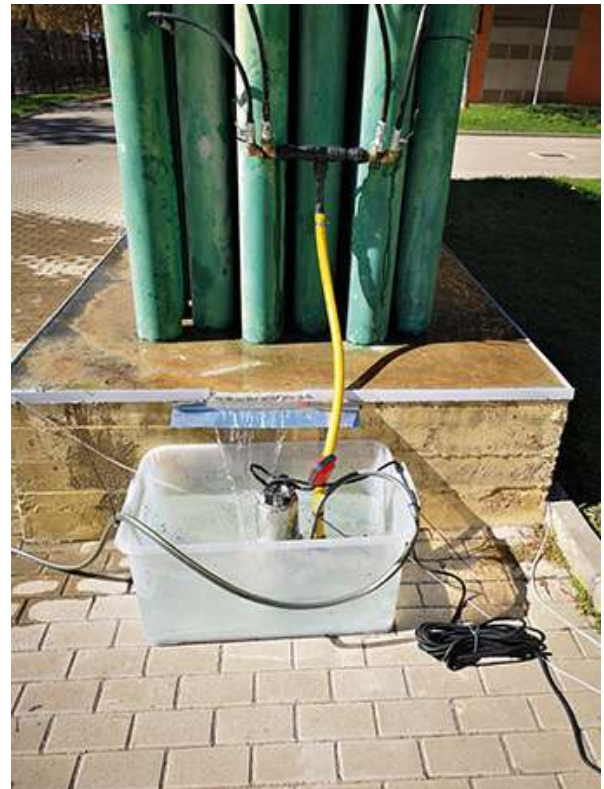


Foto 4: Bombeo y recogida de agua



Foto 5: Sensor de medición posterior



Foto 6: Difusor de agua

Con la misma metodología que en el túnel del viento, se recogieron y trataron los datos almacenados en los sensores. A continuación se muestra el resumen de los resultados obtenidos:

ENTORNO RELEVANTE	CRISTAL + AGUA				Promedio
	CR.AG.1	CR.AG.2	CR.AG.3	CR.AG.4	
PM1	-3%	-3%	-5%	-5%	-4%
PM2.5	-5%	-5%	-6%	-7%	-6%
PM10	-7%	-5%	-5%	-10%	-7%
P0.3	-3%	-3%	-4%	-4%	-3%
P0.5	-4%	-5%	-6%	-6%	-5%
P1.0	-5%	-7%	-9%	-10%	-8%
P2.5	-8%	-9%	-13%	-8%	-10%
P5.0 *	---	---	---	---	---
P10.0 *	---	---	---	---	---
Promedio	-5%	-5%	-7%	-7%	

* Valores muy bajos y poco representativos para P5.0 y P10.0

Foto 7: Resultados entorno relevante

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES:

1. El entorno relevante escogido en la UPV, es una ubicación con poca contaminación atmosférica y valores bajos o muy bajos de las partículas más gruesas de 5 y 10 micras. Por eso los valores para esos diámetros no son representativos y se han eliminado para no distorsionar el resultado.
2. La meteorología del día del ensayo fue estable. En el periodo del ensayo el cielo permaneció despejado y la dirección del viento fue la adecuada a la orientación del cristal, soplando de Sudoeste. Sin embargo, la velocidad del viento fue baja (2-4 km/h) alternando con periodos de calma, minimizando así la eficacia de la barrera.
3. Al partir de un cristal o barrera ya construido, tuvimos alguna dificultad para la instalación de las líneas de difusores de agua debido a la separación entre tubos. Con este condicionante, tuvimos que colocarlas de la mejor manera posible, pero no siendo la óptima.
4. Con las dificultades y condiciones que se han expuesto en los puntos anteriores y en las que se realizó el ensayo, podemos afirmar que no fueron las condiciones ideales. Aún así, encontramos una eficacia de reducción de la contaminación particulada entre el 3-10%, pudiendo tomar estos valores como porcentajes mínimos de reducción de partículas.

