

# COUNTERFOG<sup>®</sup> frente al COVID-19.

## Caracterización del equipo portátil, ensayos biológicos y funcionamiento en entornos operacionales.

Pérez Díaz, José Luis<sup>1</sup>; Sánchez García-Casarrubios, Juan<sup>2</sup>; Méndez-Vigo Carranza, Pablo<sup>3</sup>; Ruiz Navas, Elisa María<sup>4</sup>; Cerrato Moreno, Sandra<sup>5</sup>; Iliev Petrov, Mihayl<sup>6</sup>; Martín Pérez, Tania<sup>7</sup>; Fernández Perea, Gonzalo<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Escuela Politécnica Superior, Universidad de Alcalá (UAH). Campus externo NII, Km33, 6, 28805. Alcalá de Henares. [jl.perezd@uah.es](mailto:jl.perezd@uah.es)

<sup>2</sup>SAN JORGE TECNOLÓGICAS S.L. (SJT). Avda. Europa 82, 28341, Valdemoro. [jsanchez@sanjorgetecnologicas.com](mailto:jsanchez@sanjorgetecnologicas.com)

<sup>3</sup>COUNTERFOG EBT DE LA UAH S.L. (COUNTERFOG). Av. De Europa, 82, 28341 Valdemoro, Madrid. [mendezvigo@counterfog.eu](mailto:mendezvigo@counterfog.eu).

<sup>4</sup>Escuela Politécnica Superior, Universidad Carlos III de Madrid (UC3M). Av. de la Universidad, 30, 28911 Leganés, Madrid. [emruiz@ing.uc3m.es](mailto:emruiz@ing.uc3m.es)

<sup>5</sup>Cuerpo Nacional de Policía (CNP). C/Julian González Segador s/n, 28048. Madrid [cerrato.moreno@policia.es](mailto:cerrato.moreno@policia.es)

<sup>6</sup>MAG SOAR S.L. (MAGSOAR). Avda. Europa 82, 28341, Valdemoro. [mpetrov@magsoar.com](mailto:mpetrov@magsoar.com)

<sup>7</sup>Escuela Politécnica Superior, Universidad de Alcalá (UAH). Campus externo NII, Km33, 6, 28805. Alcalá de Henares. [tania.martinp@edu.uah.es](mailto:tania.martinp@edu.uah.es)

\* Autor principal: [jl.perezd@uah.es](mailto:jl.perezd@uah.es)

---

**Resumen:** COUNTERFOG<sup>®</sup> es una tecnología de descontaminación NRBQ y desinfección rápida basada en el empleo de conos dinámicos de niebla nanométrica que, al ser proyectados en el aire, atrapan los agentes NRBQ transportados por este medio. Si los conos son proyectados con líquido biocida sobre superficies, los agentes biológicos se eliminan de forma rápida, tanto si estos se encuentran depositados o adheridos a la superficie, como si están flotando en el aire o son fácilmente resuspendibles.

La gama de equipos COUNTERFOG<sup>®</sup> SDR-F05A+ ha sido desarrollada para la desinfección rápida de instalaciones, edificios y vehículos por un equipo de una o dos personas. En el presente trabajo se muestra su caracterización física, una serie de ensayos biológicos con diversos microorganismos y la experiencia de uso en un

entorno real operativo llevada a cabo por el Cuerpo Nacional de Policía en el contexto de la pandemia del COVID-19.

**Palabras clave:** COUNTERFOG, COVID-19, descontaminación, desinfección, niebla, NRBQ.

---

## 1. Introducción

### 1.1 Proyecto COUNTERFOG®

El proyecto COUNTERFOG® nace en 2013, en el seno del VII Programa Marco de Investigación y Desarrollo de la Unión Europea con el objetivo de desarrollar un sistema rápido, universal y económico capaz de neutralizar y contener agentes NRBQ –Nucleares, Radiológicos, Biológicos y Químicos- a gran escala.

El estado de bienestar de una sociedad se ve constantemente amenazado por la presencia de estas sustancias en el aire y sobre superficies, pudiendo ser de carácter biológico –como se ha podido constatar durante la pandemia del COVID-19- o nuclear, radiológico y químico –ataques terroristas, accidentes en la industria, contaminantes en la atmósfera, etc.- [1].

### 1.2 Tecnología COUNTERFOG®

La tecnología de descontaminación COUNTERFOG® es especialmente adecuada para la neutralización de agentes volátiles y respiratorios. Se basa en la formación de conos dinámicos de niebla compuestos por gotas de líquido nanométricas que, al ser proyectados en el aire, atrapan los agentes NRBQ transportados por este medio.

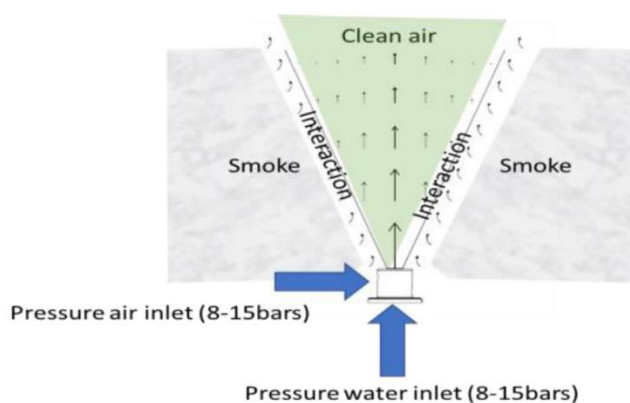
Si los conos son proyectados con líquido biocida sobre superficies, los agentes biológicos se eliminan de forma rápida, ahorrando significativamente en el uso de biocida y en el tiempo de recuperación de la operatividad del lugar, tanto si estos se encuentran depositados o adheridos a la superficie, como si están flotando en el aire o son fácilmente resuspendibles.



**Figura 1.** Detalle del cono de niebla dinámico COUNTERFOG®

Los equipos COUNTERFOG® utilizan distintos modelos de boquillas dependiendo del tipo de operación a realizar, alimentadas estas por líquido -generalmente agua- y aire comprimido de baja presión.

Las partículas en suspensión colapsan con las gotas de niebla y son arrastradas por el cono depositándose sobre el suelo o superficies. Esto evita que los agentes puedan seguir dispersándose, facilitando así la descontaminación y generando una producción mínima de residuo líquido [2].



**Figura 2.** Representación esquemática de un cono de niebla COUNTERFOG® aspirando el aire –en este caso con humo- que encuentra a su alrededor

El principio físico que rige el funcionamiento de la tecnología COUNTERFOG® es la dinámica de las gotas con respecto a las partículas NRBQ micro y submicrométricas. Estas sustancias cuando se encuentran presentes en el aire, colapsan únicamente con gotas de líquido de tamaño similar –no pudiendo ser removidas por gotas de un tamaño superior, como las producidas por rociadores o pulverizadores convencionales- [3]. [4]. De este modo, las micropartículas transportadas por el aire o adheridas a una superficie colapsan con las gotas de líquido del dispositivo COUNTERFOG® provocando su caída o desprendimiento [5]. Si además el líquido proyectado contiene algún tipo de biocida, las partículas biológicas quedan neutralizadas una vez que colapsan con el cono de niebla.

La capa de líquido que se forma tras la aplicación de esta tecnología es extremadamente delgada, permitiendo su evaporación en unos pocos minutos dependiendo de las condiciones ambientales garantizando los tiempos necesarios para desinfectar dichas superficies.

### 1.3 COUNTERFOG® frente al COVID-19. Evolución tecnológica.

La pandemia ha mostrado la necesidad de un equipo capaz de neutralizar agentes NRBQ que a la vez que sea portátil y pueda ser utilizado por una única persona de manera muy sencilla. Debido a esta circunstancia se ha desarrollado la gama de equipos de desinfección rápida portátiles COUNTERFOG® SDR-F05A+, incluyendo en ellos un nuevo modelo de boquillas, F1/6, más pequeñas que las existentes hasta ese momento, montadas junto a un compresor portátil capaz de suministrar una presión de 11 bar y un calderín de 12 litros.



**Figura 3.** Operario utilizando el equipo de desinfección COUNTERFOG® SDR-F05A+

## 2. Caracterización de los equipos y ensayos biológicos

### 2.1 Caracterización de los equipos SDR-F0A+

La gama COUNTERFOG® SDR-F05A+ se ha caracterizado a través de una serie de ensayos físicos:

**Ensayo 1:** El primer ensayo se realizó con los objetivos de cuantificar la cantidad de aire que es capaz de absorber el cono de niebla COUNTERFOG® por segundo, medir la distribución de las velocidades del aire entrante en dicho cono, calcular la variación de su diámetro en función de la distancia desde el extremo de la boquilla y, finalmente, medir la velocidad de la niebla a lo largo del eje del cono de niebla.

Para llevarlo a cabo se dispuso la boquilla en posición horizontal con la ayuda de un trípode y, mediante el empleo de anemómetros digitales, se midió la velocidad del cono de niebla a lo largo de su eje horizontal –tomando como origen el extremo de la boquilla- y en distintos puntos periféricos exteriores al cono. Se extendió esta medición y la del diámetro del cono a lo largo de todo el eje hasta que la niebla se volvía difusa, repitiéndose esta medición un número específico de veces para lograr una estadística con los resultados obtenidos.

**Ensayo 2:** El segundo ensayo se efectuó con el objetivo hallar la distribución del flujo de niebla proyectado  $-ml/min \cdot cm^2-$  por la boquilla F1/6.

Para su ejecución se efectuaron un elevado número de proyecciones de líquido contra una pared en la que se habían colocado unos recipientes con una superficie de recolección de 100x100 mm, diseñados ex profeso para esta prueba. Se colocó la boquilla en posición horizontal con la ayuda de un trípode y, variando la distancia de proyección entre 1 metro -medidos desde el extremo de la boquilla- y 3 metros, se alteró el caudal de fluido proyectado abriendo la llave de paso del agua en ángulos proporcionales a 45°. Estas proyecciones se repitieron un número determinado de veces para obtener también una estadística.

**Ensayo 3:** Este último ensayo tenía como objetivo verificar el caudal de líquido proyectado por el cono en función de la apertura de su correspondiente válvula de paso.

Para realizarlo se evaluó el tiempo que tardaba en vaciarse el calderín de 12 litros, presurizado este con la presión de trabajo, variando la apertura de la válvula de paso en

ángulo proporcionales a 45°. Al igual que los ensayos anteriores, se repitió un número específico de veces para obtener una estadística.

## 2.2 Ensayos biológicos

Se han realizado ensayos biológicos con la gama COUNTERFOG® SDR-F05A+ para verificar su eficacia frente a distintos microorganismos patógenos. Se desinfectaron bacterias -*Escherichia coli*, *Proteus hauseri*, *Enterococcus hirae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*-, hongos -*Candida albicans*- y virus -fago phi29-.

Los objetivos de su realización consistieron en determinar la cantidad a aplicar de distintos tipos de desinfectantes comerciales definiendo para cada microorganismo la velocidad de aplicación –barrido- del chorro de niebla por un operario para acabar con cada tipo de microorganismo, obteniéndose los correspondientes flujos proyectados por unidad de superficie.

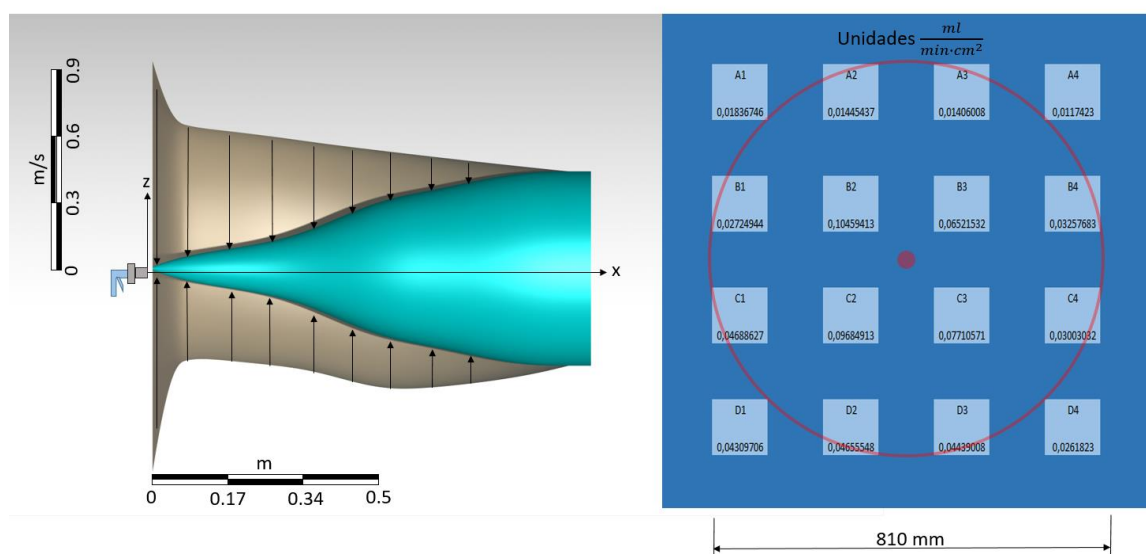
Los ensayos se realizaron a través de soluciones de los microorganismos patógenos sobre cupones de acero inoxidable, de acuerdo con las correspondientes normas ISO-UNE. Se realizaron en una habitación cerrada proyectando el cono de niebla a una distancia de 2 metros –de la boquilla al área de impacto donde se encontraban los cupones- mediante un barrido horizontal, a las velocidades especificadas en la *Tabla 1. Resultados de los ensayos biológicos*.

Finalmente, en un laboratorio se compararon las unidades formadoras de colonias presentes -ufc- en los cupones de control sin desinfectar con las muestras desinfectadas, obteniéndose sendas reducciones logarítmicas y porcentuales de las ufc.

## 3. Resultados y experiencia en un entorno operacional

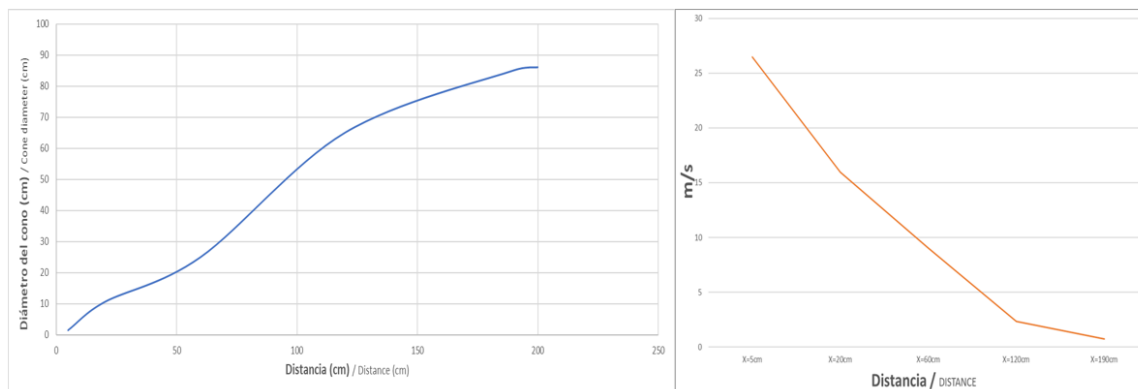
### 3.1 Resultados de la caracterización de los equipos SDR-F05A+

**Ensayo 1:** El volumen total de aire que es capaz de absorber en cada segundo el cono de niebla COUNTERFOG® es de 0.35 m<sup>3</sup>/s, siendo la velocidad media del aire aspirado por dicho cono de 0.317 m/s y la máxima de 0.9 m/s. A modo de ejemplo se muestra en la Figura 4.a la distribución de velocidades del aire que se absorbe en el plano x-z.



**Figura 4.** (a) Distribución de las velocidades del aire aspirado por el cono de niebla. (b) Distribución de las gotas proyectando el cono de niebla desde 2 metros de distancia.

Finalmente, en la figura 5.a se muestra la evolución del diámetro del cono de niebla respecto a la distancia al extremo de la boquilla y, en 5.b la velocidad en el eje horizontal del cono con respecto a la distancia previamente citada.



**Figura 5.** (a) Diámetro del cono respecto a la distancia a la boquilla. (b) Velocidad en el eje del cono de niebla respecto a la distancia a la boquilla.

**Ensayo 2:** Se ha cuantificado la distribución de del flujo del cono de niebla proyectado -  $\text{ml}/\text{min} \cdot \text{cm}^2$ - para una serie de aperturas de la válvula de agua y distancias desde la superficie de impacto a la boquilla. En la figura 4.b se visualiza a modo de ejemplo los resultados de una proyección efectuada a una distancia de 2 metros desde el extremo de la boquilla F1/6 a la zona de impacto, con una apertura de la llave de paso de líquido de 3/8 de vuelta.

**Ensayo 3:** En este último ensayo se han obtenido los caudales de fluido en función de la apertura de su correspondiente válvula, mostrando un caudal máximo constante de líquido proyectado de 0.65L/min cuando se tiene una apertura de llave mayor o igual a los 3/8 de vuelta.

### 3.2 Resultados de los ensayos biológicos

Los resultados obtenidos de los ensayos biológicos de desinfección han sido satisfactorios en su totalidad, obteniéndose de media reducciones del orden de 3 órdenes de magnitud para los distintos microorganismos patógenos evaluados. En la siguiente tabla se recoge junto a cada microorganismo patógeno, el desinfectante aplicado –con la disolución utilizada–, la correspondiente velocidad de aplicación, el tiempo de actuación, la cantidad de desinfectante aplicado por unidad de superficie y la reducción porcentual del microorganismo.

Ensayo	Microorganismo	Desinfectante	Velocidad de aplicación (m/s)	Tiempo de actuación (minutos)	Desinfectante aplicado ( $\text{ml}/\text{m}^2$ )	Reducción ( $\text{Log}_{10}$ )	Reducción (%)
E1	<i>Escherichia coli</i>	NaClO al 0.6%	0.45	1	21.8	2	99.00
E2	<i>Candida albicans</i>	NaClO al 1%.	0.36	1	27.3	3	99.90



<b>E3</b>	<i>Proteus hauseri</i>	NaClO al 1%.	0.16	6	61.53	<b>3</b>	<b>99.90</b>
<b>E4</b>	<i>Enterococcus hirae</i>	NaClO al 1%.	0.15	1	65.64	<b>5</b>	<b>99.99</b>
<b>E5</b>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	NaClO al 1%.	0.37	6	26.60	<b>3</b>	<b>99.90</b>
<b>E6</b>	<i>Staphylococcus aureus</i>	NaClO al 1%.	0.21	1	46.88	<b>0.99</b>	<b>93.00</b>
<b>E7</b>	<i>fago phi29</i>	NaClO al 1%.	0.57	1	17.27	<b>3</b>	<b>99.90</b>

**Tabla 1.** Resultados de los ensayos biológicos

### 2.3 Experiencia de uso por el Cuerpo Nacional de Policía

Dentro del contexto de la pandemia del COVID-19 la Policía Nacional ha trabajado de manera conjunta con la Universidad de Alcalá para poner en funcionamiento una boquilla COUNTERFOG® -modelo B1:1 con un consumo de 15 L/min de líquido- en su camión lanza-agua y así poder realizar desinfecciones en sus instalaciones y vehículos.

El Grupo Operativo de Intervenciones Técnicas –GOIT- modificó el citado camión para así poder disponer de dos boquillas COUNTERFOG®, una en una lanza –modelo B1:1- y otra acoplada en la parte delantera –modelo B1/2 con un consumo de 5 L/min de líquido -empleando una manguera de bomberos de 25 cm. Así mismo se utilizó uno de los primeros prototipos de la gama de equipos portátiles SDR-F05A+ –con modelo de boquilla F1/6- para realizar las labores de desinfección en el interior de sus edificios -despachos, zonas comunes, taquillas, etc.-.

El camión lanza-agua que se utilizó en la desinfección tiene una capacidad de 7000 litros, por lo que era capaz de operar de manera continua durante 3 días. Este vehículo realizó la desinfección de los edificios exteriores del CNP, así como de sus instalaciones y de los exteriores de las comisarías que así lo solicitaban.

Con los equipos portátiles de la gama SDR-F05A+ se realizaron desinfecciones de vehículos, siendo el tiempo empleado cercano a los 10 minutos, no sufriendose ningún deterioro en el interior de ellos por la disolución desinfectante empleada. Una vez se desinfectaba cada vehículo, estos permanecían 30 minutos sin ser utilizados. Este tiempo de desinfección en el interior de los vehículos supone una aplicación del equipo con un coeficiente de seguridad de 33 con respecto de la referencia probada con E. coli al 99.0% o lo que es equivalente a una reducción de 66 log<sub>10</sub>.

Estos mismos equipos se emplearon en la desinfección de los despachos del CNP, realizándose esta de manera completa, cubriendo únicamente los documentos que se encontraban encima de las mesas mientras que permanecían encendidos los ordenadores, no sufriendose daño material alguno. El tiempo empleado en la desinfección de los despachos era cercano a los 15 minutos permaneciendo también 30 minutos sin ser utilizados después

de la desinfección. Este tiempo de desinfección supone una aplicación con un coeficiente de seguridad de 7.75 con respecto de la referencia probada con E. coli al 99.0% o lo que es equivalente a una reducción de 15 log<sub>10</sub>.



**Figura 6.** (a) Desinfección de instalaciones mediante el camión lanza-agua. (b) Desinfección de despachos del CNP mediante equipos portátiles COUNTERFOG®.

#### 4. Conclusiones

La gama COUNTERFOG® SDR-F05A+ realiza una desinfección efectiva de un amplio abanico de microorganismos. Se ha comprobado su funcionamiento de manera satisfactoria en entornos operacionales con un amplio margen de seguridad.

#### Agradecimientos

A la fundación MAPFRE, que patrocinó la adquisición de equipos por parte de la Policía Nacional.

#### Referencias

- [1] J. L. Pérez Díaz, T. Martín Pérez, J. Sánchez García-Casarrubios y J. L. Pérez del Álamo, «COUNTERFOG,» *VI Congreso Nacional de I+D en Defensa y Seguridad*, 2018.
- [2] J. P. Diaz, F. L. Aguilar, T. M. Perez, J. S. G. Casarrubios y E. R. Navas., «Decontamination of Diesel particles from air by using the Counterfog® system,» *Air Quality Atmosphere & Health*, 2018.
- [3] K. Mazanec, M. Skoumal y J. L. P. Díaz., COUNTERFOG – Device for Large-Scale Fog Decontamination. In: CBRN PROTECT., Vyškov: ISBN 978-80-7231-413-3, 2017.
- [4] J. L. Pérez-Díaz, O. Ivanov, Z. Peshev, M. A. Álvarez-Valenzuela, I. Valiente-Blanco, T. Evgenieva, T. Dreischuh, O. Gueorguiev, P. V. Todorov y A. Vaseashta., «Fogs: Physical Basis, Characteristic Properties, and Impacts on the Environment and Human Health,» *Water. MPDI*, 2017.
- [5] T. Martín-Pérez, F. J. Llerena-Aguilar, J. Pérez-Serrano, J. L. Copa-Patiño y J. S. d. Carranza., «Eco-friendly air decontamination of biological warfare agents using “Counterfog” system,» de *1st Scientific International Conference on CBRNE SICC 2017 Proceedings*, 2017.