



Informe Técnico

Caracterización de Equipo Generador de Iones y Verificación de Condiciones de Operación

Para: Mar del Sur Spa.

Santiago, 21 de octubre de 2020

Título del Proyecto: *Caracterización de Equipo Generador de Iones y Verificación de Condiciones de Operación*

Datos Mandante

Razón Social	Mar del Sur Spa.
RUT	83.610.800-0
Dirección	Av. IV Centenario 776, Las Condes, Santiago.

Contraparte técnica

Nombre	José Francisco Cortés
Cargo	Gerente de Ventas
E-mail	jfcortes@mardelsur.cl

Información Contractual

Contrato Dictuc	N/A
Orden de Compra	Anexo Aceptación oferta técnica 070920
Propuesta	070920

Autor

Jefe de Proyecto	PhD. Esteban Ramos Moore
Empresa	DICTUC SA
RUT	96.691.330-4



Sr. Esteban Ramos
Responsable Técnico

Dictuc S.A.



Sr. Felipe Bahamondes
Gerente General

Dictuc S.A.



Sr. Luis Duarte
Broker Innovación

Dictuc S.A.



1. Normas Generales.....	4
2. Resumen	5
3. Introducción.....	5
4. Objetivos	5
5. Levantamiento bibliográfico	6
5.1. Ionización Bipolar	6
5.2. Efectos sobre la Salud	6
5.3. Efecto Germicida	7
6. Metodología.....	10
7. Resultados.....	10
8. Recomendaciones	14
9. Alcances y conflictos de interés.....	14
10. Referencias bibliográficas	15
10.1. Publicaciones científicas con revisión de pares	15
10.2. Artículos sin revisión de pares	20

1. Normas Generales

- El presente informe presenta los resultados finales del estudio “**Caracterización de Equipo Generador de Iones y Verificación de Condiciones de Operación**” desarrollado durante el período Septiembre 2020 a Octubre 2020.
- El presente informe fue preparado por **Dictuc** a solicitud del **Mandante** para uso informativo y de verificación, bajo su responsabilidad exclusiva.
- Los alcances de este estudio están definidos explícitamente en la Sección 5 del presente informe. Las conclusiones/recomendaciones de este informe se limitan a la información disponible para su ejecución.
- Para el desarrollo de este estudio **Dictuc** utilizó la información individualizada en el apartado “Bibliografía”. Dicho apartado identifica además las fuentes que proporcionaron dichos antecedentes.
- La información contenida en el presente informe no podrá ser reproducida total o parcialmente, para fines publicitarios, sin la autorización previa y por escrito de **Dictuc** mediante un Contrato de Uso de Marca.
- El **Mandante** podrá manifestar y dejar constancia verbal y escrita, frente a terceros, sean estos autoridades judiciales o extrajudiciales, que el trabajo fue preparado por **Dictuc**, y si decide entregar el conocimiento del presente informe de **Dictuc**, a cualquier tercero, deberá hacerlo en forma completa e íntegra, y no partes del mismo.
- El presente informe es propiedad del **Mandante** sin embargo si **Dictuc** recibe la solicitud de una instancia judicial hará entrega de una copia de este documento al tribunal que lo requiera, previa comunicación por escrito al **Mandante**.
- El presente informe es resultado de las metodologías desarrolladas por **Dictuc**, del alcance del informe encomendado y de los antecedentes que el **Mandante** puso a disposición de **Dictuc**. El **Mandante** acepta expresamente que los resultados del presente informe pueden, en definitiva, no serles favorables a sus intereses particulares.
- El **Mandante** declara conocer y aceptar los términos y condiciones generales para la prestación de servicios, disponibles para todo el público en su sitio web oficial www.dictuc.cl/tyc.

2. Resumen

Este informe está centrado en la **caracterización del equipo generador de iones GPS-FC24-AC (Global Plasma Solutions Inc.) y la verificación de sus condiciones de operación para generar un efecto germicida que prevenga el contagio del COVID-19 en espacios cerrados.** Se presenta un levantamiento bibliográfico con más de 50 referencias científicas y normativas validadas a nivel internacional. Se describen los procesos de ionización desde un punto de vista físico y químico, así como riesgos a la salud debido a exposición a iones. Se presentan también estudios que evidencian el poder germicida de los iones sobre el SARS-CoV-2 con el fin de prevenir el contagio del COVID-19. Se detallan las características del equipo, su funcionamiento y las medidas de flujo de iones. **En base al levantamiento bibliográfico y los resultados de las medidas, se entregan conclusiones y recomendaciones para garantizar un uso seguro y germicida del equipo.**

3. Introducción

Este informe está centrado en la caracterización de caracterización del equipo generador de iones GPS-FC24-AC (Global Plasma Solutions Inc.) y la verificación de sus condiciones de operación para generar un efecto germicida que prevenga el contagio del COVID-19 en espacios cerrados. Por otra parte y de acuerdo con la información recibida vía correo electrónico donde se presentan las referencias generales para dispositivo generador de iones denominado GPS-FC24-AC, se presentan los datos de equipo Alpha Lab junto a un dispositivo contador de iones "Air Ion Counter AIC 2", el cual se utiliza para realizar las mediciones de cantidad de iones emitidos en condiciones de operación y se reportan los resultados de acuerdo lo especificadao en el punto de metodología del presente documento previamente se desarrolla un estudio bibliográfico que permite entender el efecto de la emisión de iones sobre microorganismos en base a lo reportado por la literatura científica. Finalmente se presentan las recomendaciones de uso para el equipo analizado.

4. Objetivos

- Validar la emisión de iones del equipo GPS-FC24-AC (Global Plasma Solutions Inc.) utilizando el detector Air Ion Counter AIC 2 de Alpha Lab dentro de un equipo de aire forzado.
- Estudiar bibliografía nacional e internacional referente a normativas de seguridad y poder germicida (SARS-CoV-2) de emisión de iones. En base a este estudio se realiza una fundamentación de normativas e investigaciones internacionales para justificar la metodología aplicada y dar sustento a los resultados del ensayo.
- Establecer las condiciones de uso de distancia y tiempo del emisor de iones para eliminar microorganismos de acuerdo con la literatura científica específica. La actividad de radiación de iones se estudia mediante un emisor y detector provistos por el cliente.
- Establecer recomendaciones de uso del emisor de iones para lograr el efecto germicida que permita prevenir el contagio del COVID-19 en lugares cerrados. Se incluyen también

recomendaciones de uso seguro del equipo de radiación con base en la normativa nacional e internacional.

5. Levantamiento bibliográfico

5.1. Ionización Bipolar

La ionización bipolar es una tecnología desarrollada para la purificación del aire ambiental. El ionizador genera iones negativos, lo que hace que las partículas en el aire se carguen negativamente y se atraigan electrostáticamente a una placa colectora con carga positiva. Este proceso también implica la generación de una corriente de aire que transporta partículas a través del dispositivo ionizante [1].

Los iones de aire son moléculas o átomos cargados eléctricamente en la atmósfera. Un ión de aire se forma cuando una molécula o átomo gaseoso recibe energía suficientemente alta para expulsar un electrón. Generalmente, los NAI (iones de aire negativos) están compuestos por múltiples moléculas cargadas negativamente y estos iones negativos se combinan con varias o hasta 20 o 30 moléculas de agua y forman grupos de iones negativos como $\text{CO}_3^- \cdot (\text{H}_2\text{O})_n$, $\text{O}^- \cdot (\text{H}_2\text{O})_n$, y $\text{O}_3^- \cdot (\text{H}_2\text{O})_n$. Las primeras mediciones sugirieron que la mayoría de los iones negativos de la troposfera inferior estarían compuestos de O_2^- , CO_3^- o NO_3^- y sus grupos $(\text{H}_2\text{O})_n$ [1].

5.2. Efectos sobre la Salud

Existen diversos estudios donde se realizan revisiones sistemáticas a la literatura acerca de posibles efectos a la salud producidos por la exposición a iones. Estos estudios indican que los datos en la literatura no proporcionan evidencia suficiente y consistente de efectos adversos o beneficiosos de la exposición a iones de aire sobre la salud (en el sistema cardiovascular y respiratorio, así como en la salud mental), y no sugirieron ningún mecanismo biológico de interacción, excepto quizás por la estimulación mecanosensorial de las superficies corporales por campos eléctricos estáticos a altas concentraciones de iones de aire [1–4].

Si bien la literatura no presenta evidencia consistente sobre efectos adversos directos de NAIs en la salud, estudios encuentran que ciertos purificadores de aire iónicos son capaces de mantener niveles de ozono en estado estable que superan ampliamente los estándares de protección de la salud [5]. El ozono corresponde a un gas oxidativo, altamente reactivo, con baja solubilidad en agua. Es capaz de producir toxicidad en humanos cuando estos se encuentran expuestos a altas concentraciones por períodos prolongados de tiempo. El decreto 123 del 24/01/2015 dispuesto por el Ministerio de Salud de Chile (MINSAL) establece los límites permisibles ponderados para exposición de las personas distintas

concentraciones ambientales de sustancias, siendo de 0,08 ppm ($160 \mu\text{g}/\text{m}^3$)¹ para el ozono en particular, esto es el valor máximo permitido para el promedio ponderado de las concentraciones ambientales de contaminantes químicos existente en los lugares de trabajo durante la jornada normal de 8 horas diarias con un total de 45 horas semanales. En la Tabla 1 se resume algunos de los efectos en la salud por la exposición a ozono recogidos en la literatura [6–19] [20–28]. Sin embargo, estudios de efectos crónicos a la salud debido a la exposición de ozono presentan evidencia menos conclusiva que con los efectos agudos de corto plazo, ya que los estudios epidemiológicos presentan limitaciones metodológicas en estudios a largo plazo al momento de separar los efectos específicos del ozono y otros contaminantes ambientales [6,7,29–34].

Tabla 1– Efectos en la salud por la exposición a ozono.

Concentración de ozono (ppm)	Tiempo de exposición (aproximado)	Efecto en la salud
0,01	-	Umbral de olor
0,1	-	Irritación menor de ojos, nariz y garganta
0,10-0,25	2-5 horas	Dolor de cabeza, tos seca y reducción menor de función pulmonar
0,3	2 horas	Reducción de función pulmonar durante trabajo moderado
>0,6	2 horas	Dolor de pecho
1	1-2 horas	Irritación de pulmón; fatiga severa
>1,5	2 horas	Reducción de habilidad para pensar con claridad; tos continua y fatiga extrema que puede durar hasta dos semanas; irritación severa de pulmón y edema pulmonar
9	Intermitente	Neumonía severa
11	15 minutos	Inconsciencia inmediata

5.3. Efecto Germicida

Los iones poseen efectos germicidas contra virus, tal como se presenta en la Figura 1, los iones positivos y negativos se recombinan en la superficie de bacterias, hongos, virus y alérgenos que flotan en el aire para formar radicales hidroxilos (OH), que tienen una capacidad de oxidación extremadamente alta. Esta reacción química descompone las proteínas en la superficie de las bacterias y otros patógenos, inhibiendo así su actividad de reproducción.

¹ 1 ppm = $1960 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a condición estándar de temperatura y presión

Existen estudios donde se comprueba la capacidad germicida de la ionización del aire en distintos virus y bacterias. Se ha demostrado que la ionización es eficaz para reducir la transmisión aérea del virus de la influenza A [35] y de la enfermedad de Newcastle [36,37] en granjas avícolas. También se comprueba que ionización bipolar del aire resultó en la reducción de la deposición bacteriana sobre las superficies cargadas a niveles casi iguales a la sedimentación gravitacional [38]. Otro estudio investigó la inactivación del colifago MS2 a través de iones de aire generados por descargas eléctricas donde el tratamiento bipolar y unipolar redujo el colifago MS2 en $< 2 \cdot \log_{10}$ y $< 1 \cdot \log_{10}$ respectivamente [39]. También existen estudios donde la aplicación de ionización negativa del aire reduce la transmisión de las bacterias de la tuberculosis [40] y Salmonella [41].

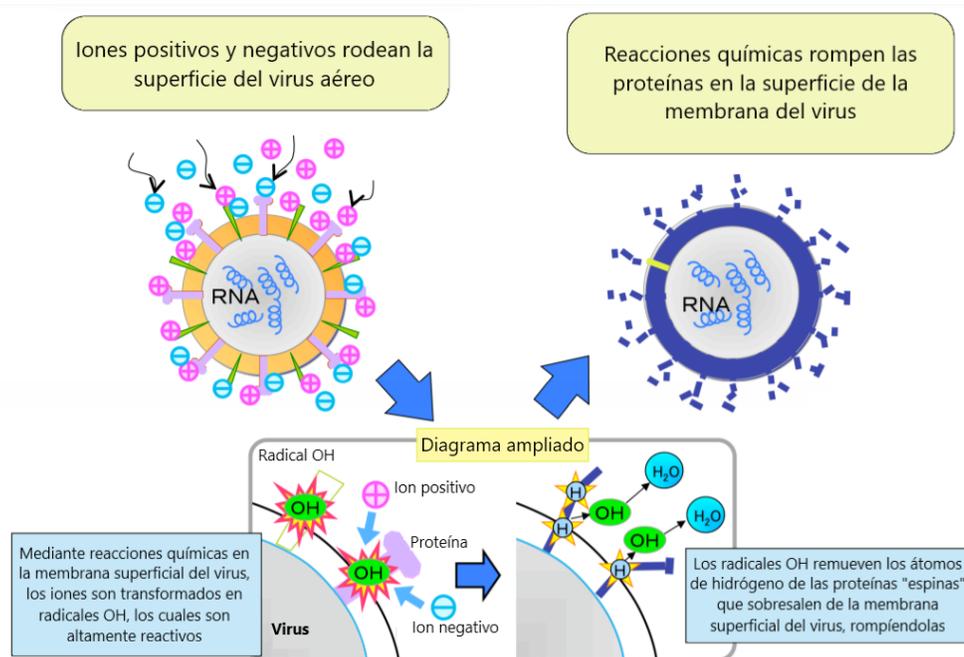


Figura 1. Esquema de funcionamiento germicida de ionización polarizada contra virus (imagen adaptada de https://global.sharp/pci/en/certified/pdf/petodor_01.pdf)

La pandemia COVID-19 es una enfermedad respiratoria con brotes en todo el mundo causada por el virus SARS-CoV-2, el cual es un virus de ARN monocatenario en la familia betacoronavirus que comparte un 79,6% de la secuencia genómica con el SARS-CoV BJ01 y relacionado con los virus SARS, MERS y los Coronavirus Humanos OC43 y HKU1 [42]. El virus SARS-COV-2 es transmitido principalmente entre personas mediante el traspaso de gotas de saliva esparcidas al estornudar y hablar, y del contacto con superficies contaminadas [43]. Recientemente estudios y reportes clínicos indican que el lavado de manos y el distanciamiento social no son suficientes para brindar protección contra las microgotas de transmisión aérea en la propagación de la enfermedad, sobre todo en lugares cerrados y con poca ventilación [44–

51]. Un estudio reciente indica que el SARS-CoV-2 puede permanecer estable hasta luego de 3 horas de haber sido suspendido en aerosol y hasta 3 días en superficies plásticas y de acero inoxidable [52]. Es por esto que existe interés en métodos efectivos y consistentes para disminuir la actividad viral.

Actualmente, existe una falta de investigaciones científicas sobre el efecto de iones en la reducción del contagio del COVID-19, a través de radiación sobre superficies [43] o aerosoles circulantes en las habitaciones [53]. Sin embargo, si la evidencia germicida de un estudio indica la inactivación significativa de bacterias, hongos o levaduras, es posible inferir que estas condiciones afectarán el funcionamiento de SARS-CoV-2, por tener una cubierta más sencilla. Lo mismo aplica para virus que poseen estructuras similares, tales como el Poliovirus, Echovirus y Coxsackievirus.

Pruebas realizadas por Microchem Laboratory², uno de los laboratorios más importantes del mundo para probar productos desinfectantes registrados por la EPA y la FDA, confirmaron que la presencia de coronavirus se redujo en un 99,92 % dentro de los 30 minutos de exposición a la tecnología de iones bipolares de AtmosAir. Fundamentalmente, las pruebas replicaron condiciones realistas, exponiendo el virus solo a la concentración de iones que estaría presente en un edificio ocupado. Los resultados demuestran que la solución de salud pública de AtmosAir, eficaz para detener la propagación de patógenos y contaminantes, impacta directamente y neutraliza el coronavirus.

La eficacia de la tecnología de ionización bipolar contra una amplia variedad de patógenos se confirmó mediante una investigación colaborativa³. La eficacia en la inhibición de las sustancias objetivo en el aire que se indica a continuación se verificó exponiendo esos organismos a una concentración de iones de al menos 3000 iones/cm³. La destrucción efectiva se logró en segundos o minutos dependiendo del microbio, el tiempo de exposición y la concentración de iones. Los estudios han demostrado que se puede lograr un tiempo de destrucción más rápido aumentando la concentración de iones. **Los estudios de Sharp Corporation, en colaboración con Retroscreen Virology Ltd., demostraron que el virus de la influenza aviar H5N1 puede inactivarse en un 99,9% en 10 minutos utilizando una concentración de iones bipolares de 50.000 iones/cm³, es decir, una dosis de iones de 30×10^6 iones-segundo/cm³.**

² <https://www.prnewswire.com/news-releases/atmosair-solutions-bi-polar-ionization-technology-proven-to-neutralize-coronavirus-301073181.html>

³ http://atmosair.com/wp-content/uploads/2020/03/Cleaning-Indoor-Air-Using-Bi-Polar-Ionization-Technology_Dr.-PhilTierno_NYU-SchoolMedicine_2017.pdf sin referencias

6. Metodología

A continuación se lista los pasos desarrollados para abordar la ejecución del servicio:

- Estudio de bibliografía nacional e internacional referente a la seguridad y a la actividad germicida de dispositivos de sanitización en base a iones.
- Medidas en terreno de la actividad de emisión de iones del equipo GPS-FC24-AC (Global Plasma Solutions Inc.) dentro de un sistema de aire forzado.
- Se utiliza el dispositivo Air Ion Counter AIC 2 de Alpha Lab para cuantificar el flujo de iones emitido dentro del sistema de aire forzado. El detector mide el flujo de iones emitido en un área aproximada de 10 cm x 2,5 cm. El caudal de aire se midió con el anemómetro Benetech GM816.
- Ambos equipos fueron provistos por la empresa solicitante, junto con las fichas técnicas de los correspondientes fabricantes, las cuales fueron analizadas como parte del estudio bibliográfico.
- Estudio de condiciones de uso de dispositivo de sanitización, así como de los distintos ambientes donde será utilizado.
- En base al levantamiento bibliográfico y los resultados de las medidas, se entregan conclusiones y recomendaciones para garantizar un uso seguro y germicida del equipo.
- Reuniones de inicio y cierre de la asesoría para aclarar los fundamentos, metodologías, resultados, conclusiones, recomendaciones y alcances de la asesoría.

7. Resultados

Como primer paso, luego de ser recibidos los equipos en las dependencias de DICTUC, en el Campus San Joaquín de la Pontificia Universidad Católica de Chile, se procedió a revisar el equipo de aire forzado, el cual posee una entrada y salida de aire circular de 25 cm de diámetro, un ventilador, un emisor de iones GPS-FC24-AC (Global Plasma Solutions Inc.) y una caja eléctrica, la cual se enchufa directamente a la línea de poder domiciliaria de 220 V y 50/60 Hz (ver Figura 2). También se recibió el dispositivo Air Ion Counter AIC 2 (Alpha Lab) para cuantificar el flujo de iones emitido dentro del sistema de aire forzado. Como primera inspección visual, se evidencia que el sistema de aire forzado no posee una señalética de posibles riesgos o indicador de que dentro del equipo existe un dispositivo de emisión de iones. Al respecto, **se recomienda instalar una señalética de seguridad que advierta sobre la posible exposición de iones dentro del equipo.** También es importante notar que, una vez enchufada la conexión de poder de la caja eléctrica, el ventilador comienza a funcionar y el interruptor del emisor de iones, el cual se ubica dentro del sistema de aire forzado, queda energizado. Al respecto, **se recomienda que el interruptor del emisor de iones se ubique fuera del equipo de aire forzado con un indicador de funcionamiento (prendido/apagado) con el fin de no exponer a los posibles usuarios a un flujo de iones**, ya que podrían existir riesgos para la salud (ver sección 3.2).



Figura 2. Imágenes de equipo de aire forzado con emisor de iones incorporado y detector de flujo de iones portátil.

La Figura 3 presenta un esquema de cómo se realizaron las mediciones del flujo de iones utilizando emisor y detector de iones dentro del sistema de aire forzado (vista desde arriba del equipo). El esquema indica el flujo de aire entrante y saliente, este último se midió con un anemómetro, resultando en una velocidad promedio de salida del aire de $7,1 \pm 1,5$ m/s, correspondiente a un caudal de 1247 ± 257 m³/h. **Es importante notar que, al encender el equipo de aire y el emisor de iones, no se percató presencia significativa de gas ozono del flujo de aire sometido a la radiación de iones.**

De acuerdo al artículo 34 del Decreto 594 del MINSAL, “los locales de trabajo se diseñarán de forma que por cada trabajador se provea un volumen de 10 metros cúbicos, como mínimo, salvo que se justifique una renovación adecuada del aire por medios mecánicos. En este caso deberán recibir aire fresco y limpio a razón de 20 metros cúbicos por hora y por persona o una cantidad tal que provean 6 cambios por hora, como mínimo, pudiéndose alcanzar hasta los 60 cambios por hora, según sean las condiciones ambientales existentes, o en razón de la magnitud de la concentración de los contaminantes.”. Considerando el valor de caudal medido del equipo de aire forzado y que podría ser utilizado en un espacio cerrado, **se recomienda que el equipo de aire forzado se utilice en recintos cerrados menores a 208 m³ con el fin de producir una renovación de aire que cumpla con la normativa nacional estipulada por el MINSAL.**

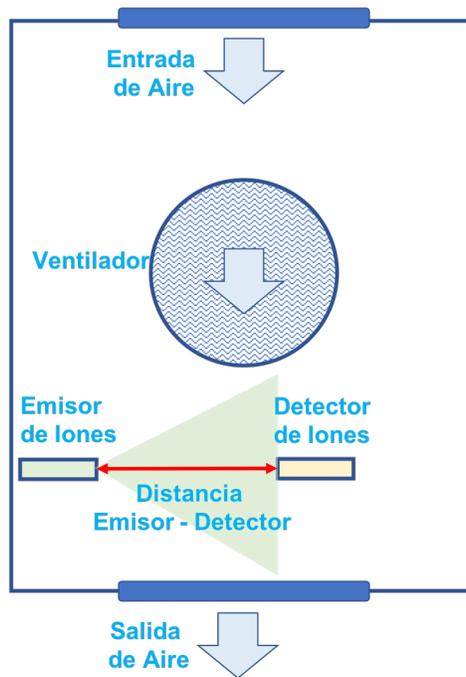


Figura 3. Esquema de mediciones del flujo de iones utilizando emisor y detector de iones dentro del sistema de aire forzado (vista desde arriba del equipo).

Con el fin de caracterizar la emisión de iones del equipo GPS-FC24-AC (Global Plasma Solutions Inc.), se midió el flujo de iones (número de iones/cm³) con el detector Air Ion Counter AIC 2 (Alpha Lab) en función de la distancia entre los mismos (ver Figura 3), ya que en general, la intensidad de las radiaciones disminuye significativamente con la distancia a la fuente de emisión. La Figura 4 presenta la gráfica que relaciona la dosis de iones (número de iones · segundo/cm³) con la distancia entre el emisor y el detector de iones (en cm). Antes de cada medición, el emisor de iones se encendió por al menos 5 minutos, ya que es el tiempo aproximado al cual el flujo de iones se estabiliza. A su vez, para cada distancia, se midió el flujo de iones durante 5 minutos con el fin de estudiar su estabilidad en función de la distancia. Se verificó que dentro de un ángulo de emisión de iones es de aproximadamente 30°, con centro en el eje definido entre emisor y detector (ver Figura 3), mantiene un flujo constante de iones dentro de la desviación estándar medida en cada una de las distancias.

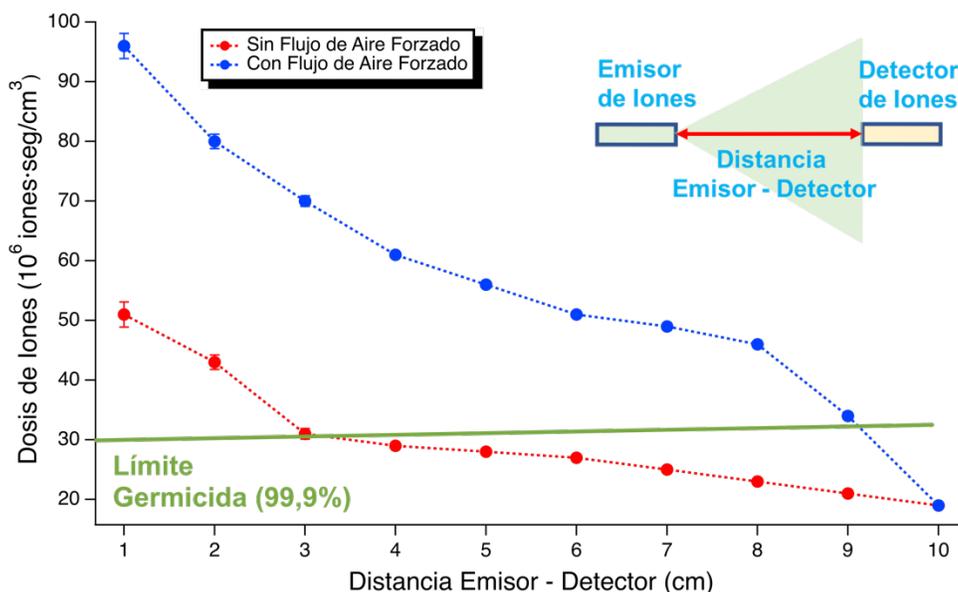


Figura 4. Flujo de iones como función de la distancia entre el emisor y detector de iones (ver Figura 3). De acuerdo a la literatura, el virus de la influenza aviar H5N1 puede inactivarse en un 99,9% bajo una dosis de iones de 30×10^6 iones·segundo/cm³.

La gráfica de la Figura 4 muestra una diferencia significativa entre la dosis medida de iones con el ventilador apagado y prendido (sin y con flujo de aire forzado). Para una distancia de 1 cm entre el emisor y el detector, la cantidad de dosis de iones con el caudal de aire forzado encendido es aproximadamente el doble que apagado (velocidad del aire cercana a cero). Esto se debe a que mientras más cantidad de moléculas del aire, más iones se producen. Este comportamiento se mantiene hasta los 8 cm de distancia, donde la dosis de iones con el caudal de aire forzado encendido disminuye significativamente hasta finalmente igualarse a la condición de caudal de aire forzado apagado. Al respecto, y considerando que el ancho del equipo es 35 cm, **se recomienda insertar un segundo emisor de iones frente al actual, de manera de homogeneizar y aumentar el flujo de iones sobre las moléculas del aire.** De acuerdo a los estudios citados en la sección de levantamiento bibliográfico, el virus de la influenza aviar H5N1 puede inactivarse en un 99,9% bajo una dosis de iones de 30×10^6 iones·segundo/cm³. Debido a la similitud entre la estructura biológica de este virus con el SARS-CoV-2 es posible inferir que este porcentaje de inactivación debería ser similar al producido sobre este último, por lo tanto, se fija como un límite inferior de inactivación de la familia de Coronavirus. Estos resultados indican que la dosis de iones entregada por el equipo GPS-FC24-AC (Global Plasma Solutions Inc.) es suficiente para inactivar significativamente al SARS-CoV-2 hasta los primeros 8 cm de distancia al emisor y tal que el virus esté expuesto al menos durante 1 segundo al flujo de iones. Como la velocidad promedio medida en el sector de salida del equipo de aire forzado es de 7,1 m/s, valor demasiado grande como para que las moléculas de aire estén expuestas durante un segundo al flujo de iones, **se recomienda utilizar un filtro de membrana a la salida**

del equipo con el fin de disminuir la velocidad del aire frente al emisor de iones y a su vez filtrar partículas que puedan contener virus con carga iónica, pero aún activos. Finalmente, y debido a que los ensayos de este informe se desarrollaron en un equipo específico de aire forzado, **se recomienda medir el caudal del aire y el flujo de iones a 10 cm del emisor si el equipo de emisión de iones se instala en un sistema de aire forzado distinto, con el fin de verificar que la dosis entregada por el equipo supere un límite germicida significativo contra el SARS-CoV-2.**

8. Recomendaciones

- a) Se recomienda instalar una señalética de seguridad que advierta sobre la posible exposición de iones dentro del equipo.
- b) Se recomienda que el interruptor del emisor de iones se ubique fuera del equipo de aire forzado con un indicador de funcionamiento (prendido/apagado) con el fin de no exponer a los posibles usuarios a un flujo de iones.
- c) Se recomienda que el equipo de aire forzado se utilice en recintos cerrados menores a 208 m³ con el fin de producir una renovación de aire que cumpla con la normativa nacional estipulada por el MINSAL.
- d) Se recomienda insertar un segundo emisor de iones frente al actual, de manera de homogeneizar y aumentar el flujo de iones sobre las moléculas del aire.
- e) Se recomienda utilizar un filtro de membrana a la salida del equipo con el fin de disminuir la velocidad del aire frente al emisor de iones y a su vez filtrar partículas que puedan contener virus con carga iónica, pero aún activos.
- f) Se recomienda medir el caudal del aire y el flujo de iones a 10 cm del emisor si el equipo de emisión de iones se instala en un sistema de aire forzado distinto, con el fin de verificar que la dosis entregada por el equipo supere un límite germicida significativo contra el SARS-CoV-2.

9. Alcances y conflictos de interés

- La información contenida en el presente informe no podrá ser reproducida de manera parcial, y por ende debe ser exhibida en su totalidad, sin ediciones no autorizadas por el autor del informe.
- Los resultados de este informe solo corresponden al equipo analizado y no son extrapolables a ninguna serie lote o conjunto de equipos similares, sino que solamente son validos para el equipo analizado por DICTUC S.A.
- No existe relación contractual, comercial, familiar o personal del autor del presente informe con el solicitante.

10. Referencias bibliográficas

10.1. Publicaciones científicas con revisión de pares

- [1] S.Y. Jiang, A. Ma, S. Ramachandran, Negative air ions and their effects on human health and air quality improvement, *Int. J. Mol. Sci.* (2018). <https://doi.org/10.3390/ijms19102966>.
- [2] W.H. Bailey, A.L. Williams, M.J. Leonhard, Exposure of laboratory animals to small air ions: A systematic review of biological and behavioral studies, *Biomed. Eng. Online.* (2018). <https://doi.org/10.1186/s12938-018-0499-z>.
- [3] V. Perez, D.D. Alexander, W.H. Bailey, Air ions and mood outcomes: A review and meta-analysis, *BMC Psychiatry.* (2013). <https://doi.org/10.1186/1471-244X-13-29>.
- [4] D.D. Alexander, W.H. Bailey, V. Perez, M.E. Mitchell, S. Su, Air ions and respiratory function outcomes: A comprehensive review, *J. Negat. Results Biomed.* (2013). <https://doi.org/10.1186/1477-5751-12-14>.
- [5] N. Britigan, A. Alshawa, S.A. Nizkorodov, Quantification of ozone levels in indoor environments generated by ionization and ozonolysis air purifiers, *J. Air Waste Manag. Assoc.* (2006). <https://doi.org/10.1080/10473289.2006.10464467>.
- [6] D. Nuvolone, D. Petri, F. Voller, The effects of ozone on human health, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 25 (2018) 8074–8088. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9239-3>.
- [7] US EPA, Integrated Science Assessment of Ozone and Related Photochemical Oxidants. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC., 2013.
- [8] C.C. Chan, T.H. Wu, Effects of ambient ozone exposure on mail carriers' peak expiratory flow rates, *Environ. Health Perspect.* (2005). <https://doi.org/10.1289/ehp.7636>.
- [9] E.I. Thaller, S.A. Petronella, D. Hochman, S. Howard, R.S. Chhikara, E.G. Brooks, Moderate increases in ambient PM_{2.5} and ozone are associated with lung function decreases in beach lifeguards, *J. Occup. Environ. Med.* (2008). <https://doi.org/10.1097/JOM.0b013e31816386b4>.
- [10] H.R. Andersen, C. Spix, S. Medina, J.P. Schouten, J. Castellsague, G. Rossi, D. Zmirou, G. Touloumi, B. Wojtyniak, A. Ponka, L. Bacharova, J. Schwartz, K. Katsouyanni, Air pollution and daily admissions for chronic obstructive pulmonary disease in 6 European cities: Results from the APHEA project, *Eur. Respir. J.* (1997). <https://doi.org/10.1183/09031936.97.10051064>.
- [11] R.T. Burnett, J.R. Brook, W.T. Yung, R.E. Dales, D. Krewski, Association between ozone and hospitalization for respiratory diseases in 16 Canadian cities, *Environ. Res.* (1997). <https://doi.org/10.1006/enrs.1996.3685>.

- [12] R.D. Peng, E. Samoli, L. Pham, F. Dominici, G. Touloumi, T. Ramsay, R.T. Burnett, D. Krewski, A. Le Tertre, A. Cohen, R.W. Atkinson, H.R. Anderson, K. Katsouyanni, J.M. Samet, Acute effects of ambient ozone on mortality in Europe and North America: Results from the APHENA study, *Air Qual. Atmos. Heal.* (2013). <https://doi.org/10.1007/s11869-012-0180-9>.
- [13] S. Pattenden, B. Armstrong, A. Milojevic, M.R. Heal, Z. Chalabi, R. Doherty, B. Barratt, R.S. Kovats, P. Wilkinson, Ozone, heat and mortality: Acute effects in 15 British conurbations, *Occup. Environ. Med.* (2010). <https://doi.org/10.1136/oem.2009.051714>.
- [14] A. Lefranc, L. Pascal, S. Larrieu, M. Blanchard, V. Wagner, C. Declercq, Pollution atmosphérique et maladies cardiovasculaires: Éléments apportés par le programme de surveillance air et santé, *Arch. Des Mal. Prof. l'Environnement.* (2009). <https://doi.org/10.1016/j.admp.2009.03.001>.
- [15] M. Stafoggia, F. Forastiere, A. Faustini, A. Biggeri, L. Bisanti, E. Cadum, A. Cernigliaro, S. Mallone, P. Pandolfi, M. Serinelli, R. Tessari, M.A. Vigotti, C.A. Perucci, Susceptibility factors to ozone-related mortality: A population-based case-crossover analysis, *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* (2010). <https://doi.org/10.1164/rccm.200908-1269OC>.
- [16] F. Ballester, P. Rodríguez, C. Iñíguez, M. Saez, A. Daponte, I. Galán, M. Taracido, F. Arribas, J. Bellido, F.B. Cirarda, A. Cañada, J.J. Guillén, F. Guillén-Grima, E. López, S. Pérez-Hoyos, A. Lertxundi, S. Toro, Air pollution and cardiovascular admissions association in Spain: Results within the EMECAS project, *J. Epidemiol. Community Health.* (2006). <https://doi.org/10.1136/jech.2005.037978>.
- [17] P.A. Kassomenos, K. Dimitriou, A.K. Paschalidou, Human health damage caused by particulate matter PM10 and ozone in urban environments: The case of Athens, Greece, *Environ. Monit. Assess.* (2013). <https://doi.org/10.1007/s10661-013-3076-8>.
- [18] B. Brunekreef, G. Hoek, O. Breugelmans, M. Leentvaar, Respiratory effects of low-level photochemical air pollution in amateur cyclists, *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* (1994). <https://doi.org/10.1164/ajrccm.150.4.7921470>.
- [19] P.L. Kinney, G.D. Thurston, M. Raizenne, The effects of ambient ozone on lung function in children: A reanalysis of six summer camp studies, *Environ. Health Perspect.* (1996). <https://doi.org/10.1289/ehp.96104170>.
- [20] D. Liao, G. Heiss, V.M. Chinchilli, Y. Duan, A.R. Folsom, H.M. Lin, V. Salomaa, Association of criteria pollutants with plasma hemostatic/inflammatory markers: A population-based study, *J. Expo. Anal. Environ. Epidemiol.* (2005). <https://doi.org/10.1038/sj.jea.7500408>.
- [21] A. Steinvil, L. Kordova-Biezuner, I. Shapira, S. Berliner, O. Rogowski, Short-term exposure to air pollution and inflammation-sensitive biomarkers, *Environ. Res.* (2008). <https://doi.org/10.1016/j.envres.2007.08.006>.

- [22] K.J. Chuang, C.C. Chan, T.C. Su, C. Te Lee, C.S. Tang, The effect of urban air pollution on inflammation, oxidative stress, coagulation, and autonomic dysfunction in young adults, *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* (2007). <https://doi.org/10.1164/rccm.200611-1627OC>.
- [23] A.A. Fakhri, L.M. Ilic, G.A. Wellenius, B. Urch, F. Silverman, D.R. Gold, M.A. Mittleman, Autonomic effects of controlled fine particulate exposure in young healthy adults: Effect modification by ozone, *Environ. Health Perspect.* (2009). <https://doi.org/10.1289/ehp.0900541>.
- [24] M. Kusha, S. Masse, T. Farid, B. Urch, F. Silverman, R.D. Brook, D.R. Gold, I. Mangat, M. Speck, K. Nair, K. Poku, C. Meyer, M.A. Mittleman, G.A. Wellenius, K. Nanthakumar, Controlled exposure study of air pollution and T-Wave alternans in volunteers without cardiovascular disease, *Environ. Health Perspect.* (2012). <https://doi.org/10.1289/ehp.1104171>.
- [25] G. Rudež, N.A.H. Janssen, E. Kilinc, F.W.G. Leebeek, M.E. Gerlofs-Nijland, H.M.H. Spronk, H. ten Cate, F.R. Cassee, M.P.M. de Maat, Effects of ambient air pollution on hemostasis and inflammation, *Environ. Health Perspect.* (2009). <https://doi.org/10.1289/ehp.0800437>.
- [26] A.M.S. Thompson, A. Zanobetti, F. Silverman, J. Schwartz, B. Coull, B. Urch, M. Speck, J.R. Brook, M. Manno, D.R. Gold, Baseline repeated measures from controlled human exposure studies: Associations between ambient air pollution exposure and the systemic inflammatory biomarkers IL-6 and fibrinogen, *Environ. Health Perspect.* (2010). <https://doi.org/10.1289/ehp.0900550>.
- [27] X. Jia, X. Song, M. Shima, K. Tamura, F. Deng, X. Guo, Acute effect of ambient ozone on heart rate variability in healthy elderly subjects, *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* (2011). <https://doi.org/10.1038/jes.2011.18>.
- [28] R. Zhao, S. Chen, W. Wang, J. Huang, K. Wang, L. Liu, S. Wei, The impact of short-term exposure to air pollutants on the onset of out-of-hospital cardiac arrest: A systematic review and meta-analysis, *Int. J. Cardiol.* (2017). <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2016.10.053>.
- [29] T. Götschi, J. Heinrich, J. Sunyer, N. Künzli, Long-term effects of ambient air pollution on lung function: A review, *Epidemiology.* (2008). <https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e318181650f>.
- [30] R.O. McClellan, M.W. Frampton, P. Koutrakis, W.F. McDonnell, S. Moolgavkar, D.W. North, A.E. Smith, R.L. Smith, M.J. Utell, Critical considerations in evaluating scientific evidence of health effects of ambient ozone: A conference report, *Inhal. Toxicol.* (2009). <https://doi.org/10.1080/08958370903176735>.
- [31] R.D. Brook, J.R. Brook, B. Urch, R. Vincent, S. Rajagopalan, F. Silverman, Inhalation of fine particulate air pollution and ozone causes acute arterial vasoconstriction in healthy adults, *Circulation.* (2002). <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000013838.94747.64>.
- [32] W.J. Gauderman, R. McConnell, F. Gilliland, S. London, D. Thomas, E. Avol, H. Vora, K. Berhane, E.B.

- Rappaport, F. Lurmann, H.G. Margolis, J. Peters, Association between air pollution and lung function growth in southern California children, *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* (2000). <https://doi.org/10.1164/ajrccm.162.4.9909096>.
- [33] W.J. Gauderman, G. Frank Gilliland, H. Vora, E. Avol, D. Stram, R. McConnell, D. Thomas, F. Lurmann, H.G. Margolis, E.B. Rappaport, K. Berhane, J.M. Peters, Association between air pollution and lung function growth in Southern California children: Results from a second cohort, *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* (2002). <https://doi.org/10.1164/rccm.2111021>.
- [34] W.J. Gauderman, E. Avol, F. Gilliland, H. Vora, D. Thomas, K. Berhane, R. McConnell, N. Kuenzli, F. Lurmann, E. Rappaport, H. Margolis, D. Bates, J. Peters, The effect of air pollution on lung development from 10 to 18 years of age, *N. Engl. J. Med.* (2004). <https://doi.org/10.1056/NEJMoa040610>.
- [35] M. Hagbom, J. Nordgren, R. Nybom, K.O. Hedlund, H. Wigzell, L. Svensson, Ionizing air affects influenza virus infectivity and prevents airborne-transmission, *Sci. Rep.* (2015). <https://doi.org/10.1038/srep11431>.
- [36] B.W. Mitchell, D.J. King, Effect of negative air ionization on airborne transmission of Newcastle disease virus, *Avian Dis.* (1994). <https://doi.org/10.2307/1592107>.
- [37] T. Estola, P. mäkelä, T. Hovi, The effect of air ionization on the air-borne transmission of experimental Newcastle disease virus infections in chickens, *J. Hyg. (Lond.)* (1979). <https://doi.org/10.1017/S0022172400025821>.
- [38] S. Meschke, B.D. Smith, M. Yost, R.R. Miksch, P. Geftter, S. Gehlke, H.A. Halpin, The effect of surface charge, negative and bipolar ionization on the deposition of airborne bacteria, *J. Appl. Microbiol.* (2009). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2008.04078.x>.
- [39] J. Hyun, S.G. Lee, J. Hwang, Application of corona discharge-generated air ions for filtration of aerosolized virus and inactivation of filtered virus, *J. Aerosol Sci.* (2017). <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2017.02.004>.
- [40] A.R. Escombe, D.A.J. Moore, R.H. Gilman, M. Navincopa, E. Ticona, B. Mitchell, C. Noakes, C. Martinez, P. Sheen, R. Ramirez, W. Quino, A. Gonzalez, J.S. Friedland, C.A. Evans, Upper-room ultraviolet light and negative air ionization to prevent tuberculosis transmissio, *PLoS Med.* (2009). <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000043>.
- [41] R.K. Gast, B.W. Mitchell, P.S. Holt, Application of negative air ionization for reducing experimental airborne transmission of Salmonella enteritidis to chicks, *Poult. Sci.* (1999). <https://doi.org/10.1093/ps/78.1.57>.
- [42] P. Zhou, X. Lou Yang, X.G. Wang, B. Hu, L. Zhang, W. Zhang, H.R. Si, Y. Zhu, B. Li, C.L. Huang, H.D.

- Chen, J. Chen, Y. Luo, H. Guo, R. Di Jiang, M.Q. Liu, Y. Chen, X.R. Shen, X. Wang, X.S. Zheng, K. Zhao, Q.J. Chen, F. Deng, L.L. Liu, B. Yan, F.X. Zhan, Y.Y. Wang, G.F. Xiao, Z.L. Shi, A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin, *Nature*. (2020). <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2012-7>.
- [43] Y.C. Wu, C.S. Chen, Y.J. Chan, The outbreak of COVID-19: An overview, *J. Chinese Med. Assoc.* (2020). <https://doi.org/10.1097/JCMA.0000000000000270>.
- [44] G. Buonanno, L. Morawska, L. Stabile, Quantitative assessment of the risk of airborne transmission of SARS-CoV-2 infection: prospective and retrospective applications, *MedRxiv*. (2020) 2020.06.01.20118984. <https://doi.org/10.1101/2020.06.01.20118984>.
- [45] L. Hamner, P. Dubbel, I. Capron, A. Ross, A. Jordan, J. Lee, J. Lynn, A. Ball, S. Narwal, S. Russell, D. Patrick, H. Leibrand, High SARS-CoV-2 Attack Rate Following Exposure at a Choir Practice — Skagit County, Washington, March 2020, *MMWR. Morb. Mortal. Wkly. Rep.* (2020). <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6919e6>.
- [46] J. Ma, X. Qi, H. Chen, X. Li, Z. Zhan, H. Wang, L. Sun, L. Zhang, J. Guo, L. Morawska, S.A. Grinshpun, P. Biswas, R.C. Flagan, M. Yao, Exhaled breath is a significant source of SARS-CoV-2 emission, *MedRxiv*. (2020) 2020.05.31.20115154. <https://doi.org/10.1101/2020.05.31.20115154>.
- [47] Y. Liu, Z. Ning, Y. Chen, M. Guo, Y. Liu, N.K. Gali, L. Sun, Y. Duan, J. Cai, D. Westerdahl, X. Liu, K. Xu, K. fai Ho, H. Kan, Q. Fu, K. Lan, Aerodynamic analysis of SARS-CoV-2 in two Wuhan hospitals, *Nature*. 582 (2020) 557–560. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2271-3>.
- [48] L. Morawska, J. Cao, Airborne transmission of SARS-CoV-2: The world should face the reality, *Environ. Int.* 139 (2020) 105730. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105730>.
- [49] L. Morawska, J.W. Tang, W. Bahnfleth, P.M. Bluyssen, A. Boerstra, G. Buonanno, J. Cao, S. Dancer, A. Floto, F. Franchimon, C. Haworth, J. Hogeling, C. Isaxon, J.L. Jimenez, J. Kurnitski, Y. Li, M. Loomans, G. Marks, L.C. Marr, L. Mazzarella, A.K. Melikov, S. Miller, D.K. Milton, W. Nazaroff, P. V. Nielsen, C. Noakes, J. Peccia, X. Querol, C. Sekhar, O. Seppänen, S. ichi Tanabe, R. Tellier, K.W. Tham, P. Wargocki, A. Wierzbicka, M. Yao, How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised?, *Environ. Int.* 142 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105832>.
- [50] V. Stadnytskyi, C.E. Bax, A. Bax, P. Anfinrud, The airborne lifetime of small speech droplets and their potential importance in SARS-CoV-2 transmission, *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 117 (2020) 11875–11877. <https://doi.org/10.1073/pnas.2006874117>.
- [51] Y. Li, H. Qian, J. Hang, X. Chen, L. Hong, P. Liang, J. Li, S. Xiao, J. Wei, L. Liu, M. Kang, Evidence for probable aerosol transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant, (2020) 1–19. <https://doi.org/10.1101/2020.04.16.20067728>.

- [52] N. Van Doremalen, T. Bushmaker, D.H. Morris, M.G. Holbrook, A. Gamble, B.N. Williamson, A. Tamin, J.L. Harcourt, N.J. Thornburg, S.I. Gerber, J.O. Lloyd-Smith, E. De Wit, V.J. Munster, Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1, N. Engl. J. Med. (2020). <https://doi.org/10.1056/NEJMc2004973>.
- [53] S. Zuber, H. Brüssow, COVID 19: challenges for virologists in the food industry, Microb. Biotechnol. (2020). <https://doi.org/10.1111/1751-7915.13638>.

10.2. Artículos sin revisión de pares

- Tests performed by Microchem Laboratory, one of the world's preeminent laboratories for testing sanitizing products registered by the EPA and FDA, confirmed that the presence of coronavirus was reduced by 99.92 percent within 30 minutes of exposure to AtmosAir's bi-polar ion technology. Crucially, the testing replicated realistic conditions, exposing the virus only to the concentration of ions that would be present in an occupied building. The results prove that AtmosAir's public health solution, effective in stopping the spread of pathogens and contaminants, directly impacts and neutralizes coronavirus. (<https://www.prnewswire.com/news-releases/atmosair-solutions-bi-polar-ionization-technology-proven-to-neutralize-coronavirus-301073181.html> no hay referencia)
- The efficacy of bipolar ionization technology against a wide variety of pathogens was confirmed through collaborative research. Efficacy in inhibiting of airborne target substances noted below was verified by exposing those organisms to an ion concentration of at least 3000 ions/cm³. Effective kill was achieved in seconds to minutes dependent upon the microbe, the exposure time, and the concentration of ions. Studies have shown that a more rapid kill-time can be achieved by increasing concentration of ions. For example, Sharp Corporation studies in collaboration with Retroscreen Virology Ltd demonstrated that the highly pathogenic H5N1 avian influenza virus could be inactivated by 99.9% in ten minutes using a high bipolar ion concentration of 50,000 ions/cm³. Sharp has also shown that reduction by 99% could be achieved in ten minutes at a concentration of 7000 ions/cm³. It is very important to understand that during actual real-time in-use conditions, bipolar ionization systems perform in a continuous steady fashion with continuous disinfection so that large bolus concentrations are unnecessary for effectiveness. (http://atmosair.com/wp-content/uploads/2020/03/Cleaning-Indoor-Air-Using-Bi-Polar-Ionization-Technology_Dr.-PhilTierno_NYU-SchoolMedicine_2017.pdf sin referencias)