

REACTOR FOTOCATALÍTICO GENERADOR DE PERÓXIDO

PARA SU USO EN LA SANITIZACIÓN DE ESPACIOS CERRADOS

DIASA INTERNACIONAL S.A. DE C.V.
| EMPRESA |

Fecha: 03/12/2020

El presente Reporte Técnico, corresponde a un análisis detallado de la evidencia científica disponible avalando la fotocatalisis oxidativa en general y en particular de la tecnología integrada en los reactores fotocatalíticos, **OFFICE 3001 (iON POWER), HOME 50 (iON PROTECT), HVAC-200 al 5000 (iON DUCT) y DISPOSITIVOS INDUSTRIALES** distribuidos por Diasa Internacional S.A. de C.V.

Concluyendo en su efectividad, después de analizar 4 puntos principales:

- 1) El proceso de fotocatalisis que ofrecen estos dispositivos.
- 2) Que efectivamente exista la emisión de Peróxido de Hidrógeno.
- 3) Que dicha emisión esté por debajo de los límites de toxicidad permitida para personas.
- 4) Que el Peróxido de Hidrógeno es eficaz para la eliminación de virus y bacterias.

En general, esta revisión describe la fotocatalisis de última generación para el tratamiento del aire a fin de eliminar las moléculas orgánicas dañinas en interiores, y también analiza las aplicaciones potenciales para la inactivación de los virus del SARS-CoV2 (COVID-19).

CONTACTO

DRA. AMOR MONROY-VILLAGRANA

**Especialista en Transferencia Tecnológica
y Propiedad Intelectual**

**Dirección de Servicios Empresariales y
Transferencia Tecnológica (DSETT)-
Instituto Politécnico Nacional (IPN)**

amonroyv@ipn.mx

amormny@gmail.com

Teléfonos: 5529810519

ÍNDICE

1. Fotocatálisis oxidativa (PCO)	3
1.1 Principio de funcionamiento	3
1.2 Efectividad contra virus, bacterias y mohos	4
1.3 Tecnología PCO de los equipos distribuidos por Diasa	6
1.4 Evidencia de funcionamiento de la PCO contra SARS-COV-2 (COVID-19)	7
1.5 Evidencia Presentada por Diasa Internacional	8
1.5.1 Evidencia 1. Estudio UNAM- Hospital Dr. Manuel Gea González	9
1.5.2 Evidencia 2. Prueba sala de cine VIP, Morelia, México	10
1.5.3 Evidencia 3. Prueba de laboratorio Acuario Interactivo, CDMX	11
1.5.4 Evidencia 4. Prueba en Hospital H+, Querétaro, México	12
1.5.5 Pruebas realizadas con los equipos fuera de México	13
2. El peróxido de hidrógeno como sanitizante	14
2.1 Límites de exposición	14
2.2 Descomposición de peróxido de hidrógeno del ambiente	15
2.3 Producción de peróxido de hidrógeno por los equipos oxidación fotocatalítica distribuidos por Diasa Internacional	15
2.3.1 Evidencia 1. Sala de cine VIP, Morelia, México	15
2.3.2 Evidencia 2. Sala de juntas Hospital General de México	15
2.3.3 Avalués y certificados	16
3. Conclusión	17
4. Referencias	18

FOTOCATÁLISIS OXIDATIVA (PCO).

1. Fotocatálisis Oxidativa (PCO).

La fotocatalisis oxidativa (PCO, por sus siglas en inglés), también conocida como Ionización Catalítica Radiante (ICR) es una tecnología que ha sido ampliamente estudiada a nivel laboratorio, pero de aplicación más o menos reciente en productos de uso comercial, industrial o casero al presentar buenos resultados en la fotodegradación de contaminantes interiores como:

- **Compuestos orgánicos volátiles (COV), como:** formaldehído, acetaldehído, tolueno, tetracloroetileno, etilbenceno, xileno, estireno, 2-butoxietanol, trimetilbenceno, diclorobenceno.
- **Virus, bacterias y moho.**

Todos estos compuestos son tóxicos y nocivos para la salud humana, por lo que su reducción significaría una mejora en la calidad del aire en espacios cerrados.

Para su funcionamiento la PCO requiere de 2 elementos básicos:

- Un fotocatalizador, usualmente dióxido de titanio nanoparticulado (TiO_2).
- Una fuente de luz ultravioleta.

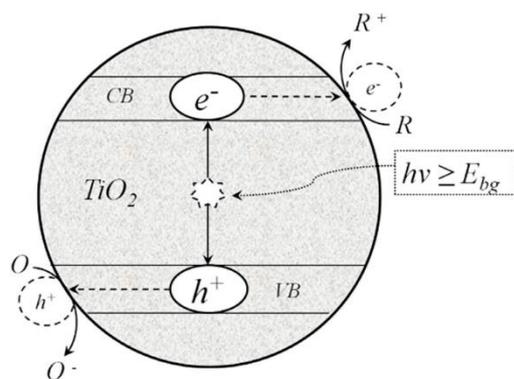
Es importante decir que durante la fotocatalisis no se libera CO_2 , ni gases de efecto invernadero, por lo que se considera una **tecnología verde** al tener una huella medioambiental reducida.

A continuación, se describirá el principio de funcionamiento de los equipos, discutiendo los factores importantes que afectan la degradación fotocatalítica de contaminantes orgánicos, la efectividad contra virus, bacterias y mohos que hay en el estado de la técnica, así como el análisis de las evidencias aportadas por Diasa Internacional.

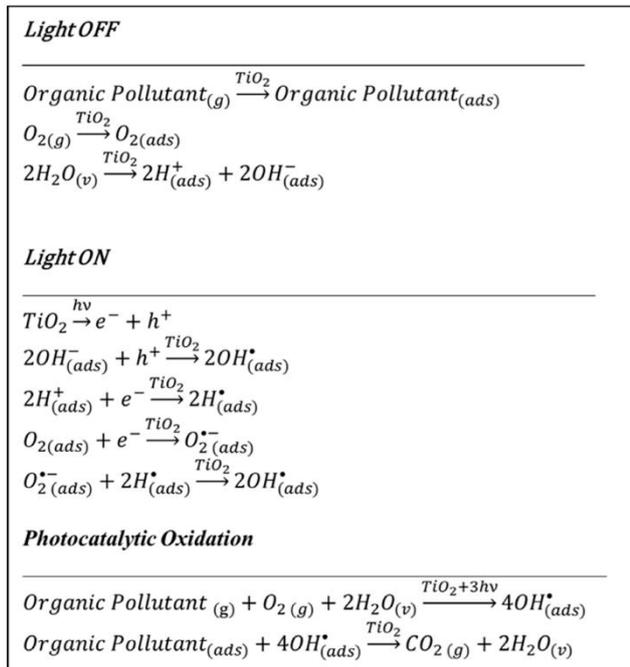
1.1 Principio de funcionamiento.

Los mecanismos de reacción fotocatalítica para el tratamiento del aire involucran (a) la absorción de luz, (b) la formación y separación de pares de electrones (e^-) y huecos (h^+), y (c) reacciones superficiales de oxidación-reducción, que ocurren entre electrones (e^-) y moléculas de oxígeno adsorbidas (O_2), que pueden producir radicales superóxido (O_2^-). Posteriormente, los huecos de electrones (h^+) y las moléculas de agua (H_2O) adicionales pueden generar radicales hidroxilo (OH^\bullet) y peróxido de hidrógeno (H_2O_2). Por lo tanto, dado que los radicales O_2^- , OH^\bullet y H_2O_2 son oxidantes poderosos, pueden mineralizar especies químicas nocivas (es decir, COV) en el aire, convirtiéndolas en sus sales inorgánicas y H_2O , como se describe más adelante en la Figura 1.

FOTOCATÁLISIS OXIDATIVA (PCO).

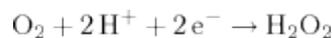


(a)



(b)

Producción de peróxido de hidrógeno



(c)

Figura 1. Mecanismos generales de reacción fotocatalítica: (a) interacción del TiO₂ y los fotones de energía con contaminantes adsorbidos; (b) pasos de reacción fotoquímica (Escobedo y Lasa, 2020) y (c) Producción de peróxido de hidrógeno (Shiraishi y col., 2014).

1.2 Efectividad contra virus, bacterias y mohos.

De entre las tecnologías biocidas más prometedoras para la desinfección de superficies y ambientes en espacios cerrados. Las tecnologías a base de fotocátalisis, como las generadas a través del dióxido de titanio son de las más prometedoras. El poder oxidativo de las especies generadas a través de la fotocátalisis es suficiente para inhibir virus, bacterias y moho.

Los reportes del estado de la técnica muestran los principales patógenos sobre los cuales actúan las especies oxidantes generadas mediante la fotocátalisis con efectividades superiores al 80% para moho, 99% para bacterias y virus. La Figura 2. Esquematiza el mecanismo de desinfección de virus promovido por la fotocátalisis.

FOTOCATÁLISIS OXIDATIVA (PCO).

1. **Bacterias:** *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus faecalis*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Streptococcus agalactiae*, *Serratia marcescens*, *Salmonella typhimurium*, *E. coli*, *Bacillus spp.*, MRSA – *Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina, *Pseudomonas spp.*, *Candida albicans*, *Strachybotrys*.
2. **Moho:** *Aspergillus niger*, *Aureobasidium pullulans*, *Penicillium citrinum*.
3. **Virus:** virus de la influenza, H1N1, coronavirus, norovirus.

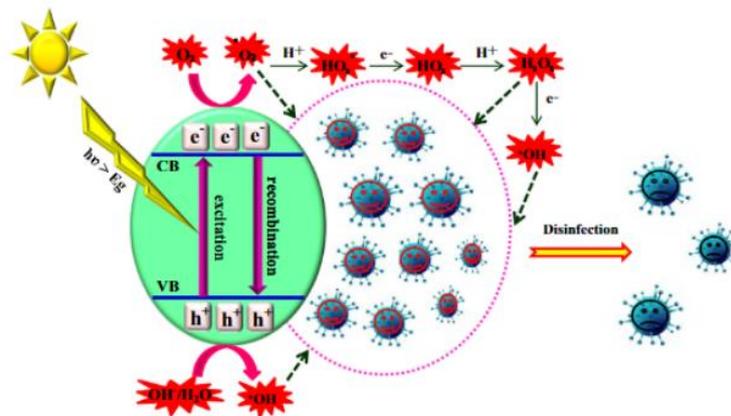


Figura 2. Mecanismo de desinfección de virus promovido por la fotocatalisis (Habibi-Yangjeh y col., 2020).

TECNOLOGÍA PCO DE LOS DISPOSITIVOS DISTRIBUIDOS POR DIASA

1.3 Tecnología PCO de los equipos distribuidos por Diasa.

Independientemente del tipo de equipo que se emplee **OFFICE 3001 (iON PROTECT)**, **HOME 50 (iON POWER)**, **HVAC-200 al 5000 (iON DUCT)**, todos los equipos cuentan como componentes básicos:

1. Una malla de aleación hidrofílica: la cual garantiza la captación del agua del ambiente necesaria para la reacción fotocatalítica.
2. Una lámpara de luz ultravioleta UV-C: 200-280 nm.
3. Malla recubierta con material fotocatalítico: Dióxido de nanotitanio.

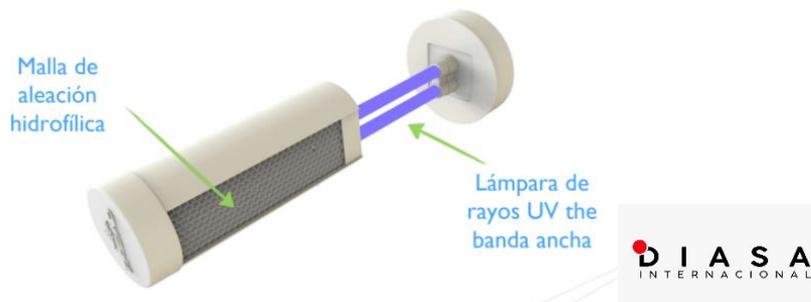


Figura 3. Componentes principales reactor fotocatalítico.

El tamaño del reactor y la potencia de la lámpara son diferentes de acuerdo del tamaño del equipo para garantizar la emisión uniforme de partículas en cada uno de los equipos. Los cuales están calibrados de acuerdo con las recomendaciones de la NISH y la OSHA para mantenerse en los límites de concentración permitidos.

EVIDENCIA DE FUNCIONAMIENTO DE LA PCO CONTRA SARS-COV-2.

1.4 Evidencia de funcionamiento de la PCO contra SARS-COV-2 (COVID-19).

Se ha propuesto anteriormente que la inactivación del virus fotocatalítico se puede lograr a través de tres vías distintas, que evitan que el SARS-CoV-2 inicie una infección:

1. Daño del ADN o ARN del ácido nucleico (Sharma y col, 2008),
2. Alteración de las proteínas de pico o proteínas de reconocimiento en la superficie (Goulhen-Chollet y col., 2009), y
3. Daño de la membrana lipídica del virus (Maness y col., 1999).

En el estado de la técnica se han encontrado:

- Diversos reportes sobre la efectividad de las nanopartículas de dióxido de titanio en presencia de radiación UV para eliminar eficazmente las diferentes formas de coronavirus (Howard y col., 2011; Yang y Gao, 2005; Vernardou y col., 2009).
- Se observa que el virus que provoca el COVID-19 de una clase particular se descompone de manera efectiva dentro de los 30 minutos posteriores a la irradiación UV en presencia de nanopartículas de dióxido de titanio colocadas como un film en vidrio (Khaiboullina y col., 2020).
- También se ha demostrado que anteriormente se demostró que el reactor fotocatalítico de dióxido de titanio inactiva el coronavirus del SARS hasta en un 99,99% después de 6 h de exposición (Han y col., 2004).

En cuanto a los factores involucrados en la resistencia al virus a la sanitización y desinfección son los siguientes de acuerdo con:

- La humedad.
- El material de la superficie.

Donde las nanopartículas de dióxido de titanio inactivan eficazmente virus como el HCoV-NL63 (Khaiboullina y col., 2020) en condiciones de humedad relativa que están dentro del estándar para las condiciones de interior, es decir, de 30-60% (Arena y col.) conservando la eficacia viricida en condiciones de humedad relativa elevada (85%) (Yang y col., 2011; Chan y col., 2011).

EVIDENCIA PRESENTADA POR DIASA INTERNACIONAL



1.5 Evidencia presentada por Diasa Internacional.

En cuanto a las pruebas de laboratorio presentadas por Diasa Internacional, llevadas a cabo en México, se tienen diversos reportes de laboratorio los cuales se describirán como casos de estudio:

EVIDENCIA 1. Estudio UNAM- Hospital Dr. Manuel Gea González.

EVIDENCIA 2. Prueba sala de cine VIP, Morelia, México.

EVIDENCIA 3. Prueba de laboratorio Acuario Interactivo, CDMX.

EVIDENCIA 4. Prueba en Hospital H+, Querétaro, México

Así como las pruebas realizadas a los equipos fuera de México.

EVIDENCIA 5. Universidad del Estado de Kansas. Reducción de microorganismos en superficies empleando PCO.

EVIDENCIA 6. Hospital Oklahoma

Estos casos de estudio se detallan por separado en las siguientes páginas.

EVIDENCIA 1. ESTUDIO UNAM- HOSPITAL DR. MANUEL GEA GONZÁLEZ

1.5.1 Evidencia 1. Estudio UNAM- Hospital Dr. Manuel Gea González.

“ESTUDIO COMPARATIVO PARA EVALUAR LA CAPACIDAD DE SOBREVIVENCIA DE LAS BACTERIAS NOSOCOMIALES CUANDO ESTÁN EN CONDICIONES AMBIENTALES Y CUANDO SE EXPONEN A GASES OXIDANTES Y PERÓXIDOS”

- Se evaluó el efecto desinfectante de gases oxidantes y peróxidos en las principales bacterias nosocomiales dispuestas sobre superficies inanimadas: *E. coli*, *Pseudomona aureginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae* y *Acinetobacter baumannii*.
- Método, se utilizaron cepas aisladas de infecciones nosocomiales, dichas cepas se cultivaron, se dispusieron sobre portaobjetos de acero inoxidable y se trataron con los gases oxidantes y peróxidos dentro de una cabina que denominaron “cabina de microambiente de generador de peróxidos”.
- Se encontró una reducción considerable en la sobrevivencia de las cepas bacterianas probadas, la reducción dependió del tiempo de exposición a los gases. Seis horas de exposición produjeron más del 80% de reducción en la sobrevivencia de las 5 especies bacterianas probadas. Las cepas de *E. coli* y *Staphylococcus aureus* fueron las más susceptibles con un porcentaje de reducción del 95% después de solo 2 horas de exposición. Las cepas más resistentes a los gases fueron *Klebsiella* y *Acinetobacter*, ya que solo después de 24 horas se observó más del 95% de reducción en la sobrevivencia (Figura 4).
- Los investigadores concluyeron que existió un rápido efecto desinfectante de los oxidantes y peróxidos generados por el catalizador y que el sistema tiene el potencial para ser usado en nosocomios.

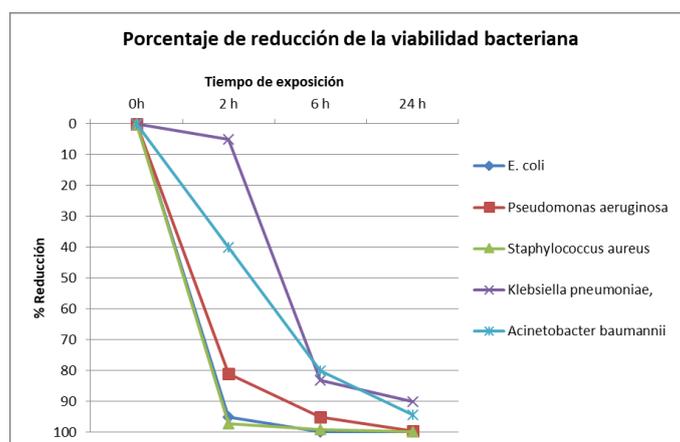


Figura 4. Porcentaje de reducción de la viabilidad bacteriana generado por los gases oxidantes y peróxidos (Fotocatálisis heterogénea gaseosa). Tiempo de exposición a los peróxidos; 2, 6 y 24 horas.

EVIDENCIA 2. PRUEBA SALA DE CINE VIP.

1.5.2 Evidencia 2. Prueba sala de cine VIP, Morelia, México.

- Laboratorio que realizó la prueba: **Laboratorio Intertek**, avalado por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA).
- Pruebas de laboratorio para superficies inertes realizadas:
 - **NOM-111-SSA-1994:** BIENES Y SERVICIOS. MÉTODO PARA LA CUENTA DE MOHOS Y LEVADURAS EN ALIMENTOS. Esta Norma Oficial Mexicana establece el método general para determinar el número de mohos y levaduras viables presentes en productos destinados al consumo humano por medio de la cuenta en placa a $25 \pm 1^\circ\text{C}$.
 - **NOM-092-SSA1-1994:** BIENES Y SERVICIOS. MÉTODO PARA LA CUENTA DE BACTERIAS AEROBIAS EN PLACA. Esta Norma Oficial Mexicana establece el método para estimar la cantidad de microorganismos viables presentes en un alimento, agua potable y agua purificada, por la cuenta de colonias en un medio sólido, incubado aeróbicamente.
- **El estudio se hizo después de la operación de la sala en un día normal**, con una superficie estimada de 310.5 m^2 . En la Figura 4 se ejemplifica una sala VIP típica (Figura 5), como la que se evaluó.
- **Se instaló un equipo HVAC-5000 (iON DUCT)**, con un caudal de 3500 CMF (aprox. $100 \text{ m}^3/\text{min}$). El equipo fue puesto en operación 30 minutos antes de la toma de muestra.
- La prueba consistió en medir la cantidad de microorganismos que estaban presentes en la sala antes y después de la instalación del equipo.
- Se tomaron 32 muestras en superficies inertes y 12 muestras ambientales.
- **Resultados.** En todas las muestras hubo una reducción de elementos bacterianos casi en su totalidad (>90%), teniendo una medición de Peróxido de Hidrogeno, promedio de 0.61 ppm y un valor máximo de 5 ppm.



Figura 5. Sala de cine VIP.

EVIDENCIA 3. PRUEBA DE LABORATORIO ACUARIO INTERACTIVO.

1.5.3 Evidencia 3. Prueba de laboratorio Acuario Interactivo, CDMX.

- Laboratorio que realizó la prueba: **Laboratorio Biofleming**, avalado por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA).
- Pruebas de laboratorio para superficies y ambientes inertes realizadas:
 - **NOM-111-SSA-1994:** BIENES Y SERVICIOS. MÉTODO PARA LA CUENTA DE MOHOS Y LEVADURAS EN ALIMENTOS. Esta Norma Oficial Mexicana establece el método general para determinar el número de mohos y levaduras viables presentes en productos destinados al consumo humano por medio de la cuenta en placa a $25 \pm 1^\circ\text{C}$.
 - **NOM-092-SSA1-1994:** BIENES Y SERVICIOS. MÉTODO PARA LA CUENTA DE BACTERIAS AEROBIAS EN PLACA. Esta Norma Oficial Mexicana establece el método para estimar la cantidad de microorganismos viables presentes en un alimento, agua potable y agua purificada, por la cuenta de colonias en un medio sólido, incubado aeróbicamente.
 - **NOM-113-SSA1-1994:** BIENES Y SERVICIOS. MÉTODO PARA LA CUENTA DE MICROORGANISMOS COLIFORMES TOTALES EN PLACA. Esta Norma Oficial Mexicana establece el método microbiológico para determinar el número de microorganismos coliformes totales presentes en productos alimenticios por medio de la técnica de cuenta en placa.
- **El estudio se hizo en diversas áreas del acuario:** Barra de arenero-área abisal y cristal de pecera y cristal de arenero abisal (Figura 6).
- **El área más contaminada fue:** Barra de arenero-área abisal (Figura 4) con un conteo de mesófilos aeróbios de 500,000 UFC/50 cm².
- **Resultados:** el conteo de mesófilos aeróbios en la barra de arenero-área abisal después de emplear el equipo fue de 40,000 UFC/50 cm², lo cual significa una reducción de los patógenos en un 92% con respecto al conteo inicial (ver reporte de laboratorio adjunto).



Figura 6. Barra de Arenero-Área Abisal.

EVIDENCIA 4. PRUEBA EN HOSPITAL H+.

1.5.4 Evidencia 4. Prueba en Hospital H+, Querétaro, México (Figura 7).

- Laboratorio que realizó la prueba: **Laboratorio interno del hospital.**
- Pruebas de laboratorio para superficies y ambientes inertes realizadas:
 - Mesofílicos (UFC/Sup).
 - Coliformes (UFC).
 - Moho: Aspergillus.
- Áreas Evaluadas:
 - Únicas de Cuidados Intensivos Neonatales (UCIN).
 - Cuneros
 - Terapia Respiratoria (COVID).
- **Resultados:** Se inhibió el desarrollo de Aspergillus en la UCIN y en el área COVID así como mesofílicos (UFC/Sup) (Ver reporte de laboratorio).



Figura 7. Vista exterior Hospital H+.

PRUEBAS REALIZADAS FUERA DE MÉXICO

1.5.5 Pruebas realizadas con los equipos fuera de México.

EVIDENCIA 5. Universidad del Estado de Kansas. Reducción de microorganismos en superficies empleando PCO.

- **Evaluaron la reducción de microorganismos patógenos:** *Staphylococcus aureus*, *E. coli*, *Bacillus spp.*, *MRSA – Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina, *Streptococcus spp.*, *Pseudomonas spp.*, *Listeria*, *Candida albicans*, *Strachybotrys*.
- **Se encontró** para todos los casos una reducción superior al 96%, a las 24 horas de exposición, donde el mayor % de reducción se dio a las 2 h (ver reporte).

EVIDENCIA 6. Hospital Oklahoma.

- **Se eligieron al azar 5 habitaciones del hospital para ser tratadas con la tecnología PCO**, tomando como control negativo un cuarto con características similares a cada uno de ellos los cuales no recibieron tratamiento y se les dio seguimiento por 6 meses.
- **Los parámetros medidos fueron:** conteo de bacterias (% de reducción), conteo de moho (% de reducción), *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina (MRSA, por sus siglas en inglés, % de reducción). Los % de reducción fueron medidos con respecto a otra habitación sin tratamiento de características similares.
- Al final del periodo se obtuvieron % reducción de patógenos de:
 - **Conteo de bacterias:** 82.98%-99.11%.
 - **Moho:** 80.28%-99.27%.
 - **MRSA:** 81.50%-100%.



EL PERÓXIDO DE HIDRÓGENO COMO SANITIZANTE

2. El peróxido de hidrógeno como sanitizante.

Como se ha explicado, uno de los principales productos de la oxidación fotocatalítica es la emisión de peróxido de hidrógeno (H_2O_2). Este compuesto por su poder oxidante ha sido catalogado por el gobierno mexicano como un producto adecuado para desinfectar el ambiente de SARS-CoV-2 (Gobierno de México, 2020). Esta recomendación se generó a partir del listado de agentes desinfectantes recomendados por la Environmental Protection Agency (EPA), E.U.A., para coronavirus humano.

Dentro de las recomendaciones de uso indican que este agente tiene un uso hospitalario e institucional, recomendando un tiempo de contacto con las superficies de 5 minutos en superficies duras no porosas empleando soluciones de peróxido de hidrógeno al 3-5% v/v (Gobierno de México, 2020). Sin embargo, extreman precauciones para su uso pues a altas concentraciones puede ser tóxico y generar problemas en la salud.

Es por ello que una vez que veamos los límites de toxicidad y recomendaciones de uso en espacios cerrados y ambientes laborales abordaremos la producción de peróxido de hidrógeno por los equipos de fotocátalisis oxidativa distribuidos por Diasa Internacional, pues las concentraciones a las cuales trabajan son de partes por millón (ppm), definiéndose como ppm a las partes de una sustancia por millón de partes de aire.

2.1 Límites de exposición.

Se buscaron los límites de toxicidad en el estado de la técnica, encontrándose recomendaciones para espacios cerrados por parte de diversos institutos u organizaciones dedicadas a garantizar la salud y seguridad en el trabajo. Siendo los principales en estos temas:

- **El NIOSH**, National Institute for Occupational Safety and Health (Instituto Nacional para la Salud y Seguridad en el Trabajo) de Estados Unidos (EEUU). El cual se encarga de poner a prueba equipos, evaluar y aprobar equipos de respiración, realizando además estudios de peligros laborales, y propone normas a la Occupational Safety and Health Administration (Administración de Salud y Seguridad en el Trabajo, OSHA).
- **La OSHA**, por su parte es un organismo federal estadounidense que establece normas de salud y seguridad y asegura el cumplimiento de las mismas.
- **La AIHA**, la cual es una asociación de científicos y profesionales comprometidos a preservar y garantizar la salud y seguridad ocupacional y ambiental (OEHS, por sus siglas en inglés) en el lugar de trabajo y la comunidad.

EL PERÓXIDO DE HIDRÓGENO COMO SANITIZANTE

Recomendaciones emitidas por cada entidad.

- **NIOSH:** 1 ppm como promedio durante una jornada de 10 horas.
- **OSHA:** 1 ppm como promedio durante una jornada de 8 horas.
- **AIHA ERPG-2:** Concentración máxima en el aire por debajo de la cual se cree que casi todas las personas podrían estar expuestas hasta por 1 hora sin experimentar o desarrollar efectos o síntomas irreversibles u otros efectos graves para la salud o síntomas que podrían afectar la capacidad de una persona para tomar medidas de protección = 50 ppm (ATSDR).

2.2 Descomposición de peróxido de hidrógeno del ambiente.

De acuerdo con la Real Sociedad de Química (RSC, por sus siglas en inglés) el peróxido de hidrógeno al ser una sustancia sumamente reactiva, sino tiene con que reaccionar se descompone fácilmente en agua y oxígeno libre, al ser moléculas más estables, por lo que esta partícula no se acumularía en los espacios donde se emplean tecnologías a base de PCO, cuando estos no estén en funcionamiento.

2.3 Producción de peróxido de hidrógeno por los equipos oxidación fotocatalítica distribuidos por Diasa Internacional.

La seguridad y efectividad de los equipos son la prioridad para garantizar espacios libres de patógenos. Es por ello que la empresa Diasa presenta evidencia sobre el monitoreo en la concentración de la producción de peróxido de hidrógeno en las pruebas realizadas por los diversos laboratorios.

2.3.1 Evidencia 1. Sala de cine VIP, Morelia, México.

- **Equipo utilizado HVAC-5000 (iON DUCT)**, con un caudal de 3500 CMF (aprox. 100 m³/min). El equipo fue puesto en operación 30 minutos antes de la toma de muestra.
- **Concentración de peróxido de hidrógeno:** entre 0.61 y 5 ppm, promediando 1 ppm.
- La efectividad en la reducción de elementos bacterianos fue superior al >90%.

2.3.2 Evidencia 2. Sala de juntas Hospital General de México.

- **Equipo utilizado Office 3001 (iON POWER)**, con un caudal de 600 CFM (aproximadamente 17 m³/min), en un área de 20m² aproximadamente.
- Se empleó una sonda de medición marca Vaisala para peróxido de hidrógeno.
- La concentración de peróxido de hidrógeno se mantuvo en promedio en los 1.0 ppm durante 40 minutos que duró la prueba.

EL PERÓXIDO DE HIDRÓGENO COMO SANITIZANTE

2.3.3 Avals y certificados.

Clasificación N de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), la cual se obtiene al haber demostrado cualquiera de los siguientes puntos:

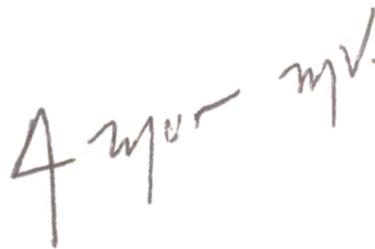
- Demostrada eficacia contra el coronavirus SARS-CoV-2 (COVID-19);
- Demostrada eficacia contra un patógeno que es más difícil de matar que el SARS-CoV-2 (COVID-19);
- Demostrada eficacia contra un coronavirus humano diferente similar al SARS-CoV-2 (COVID-19).

Certificación de la ASHRAE: Reconoce a la PCO como una tecnología para el control de la epidemia (ASHRAE, 2020).

Certificado de Tecnología Espacial: El Programa de Certificación Espacial otorga un "sello de aprobación" a las empresas cuyos productos y servicios pueden demostrar un vínculo viable con el programa espacial.

CONCLUSIONES

1. La fotocatalisis es una tecnología comprobada contra virus, bacterias y moho, lo cual se sustenta con la revisión del estado de la técnica.
2. La fotocatalisis es de las tecnologías con mayor proyección para la sanitización de espacios de COVID-19.
3. Los reactores de fotocatalisis oxidativa distribuidos por Diasa Internacional demostraron efectividad en la disminución de patógenos: bacterias y hongos en cada caso de estudio analizado en este documento.
4. La tecnología de sanitización de los reactores basa parte de su funcionamiento en la generación de peróxido de hidrógeno la cual es una sustancia recomendada por el Gobierno de México y la EPA de Estados Unidos y otras entidades.
5. Los medidores de peróxido han registrado niveles de peróxido emitidos por los equipos en niveles que van desde 0.6 ppm hasta las 5 ppm, manteniendo un promedio de 1 ppm.
6. La NIOSH y la OSHA indican que se puede estar expuesto a esta sustancia en concentraciones de 1 ppm entre 8 a 10 horas.
7. Al utilizar los equipos, se recomienda que el viento que generan no se dirija directamente en el cuerpo de la o las personas. Colocar preferentemente cerca del techo, permitiendo que el viento circule libremente.
8. Siempre atender las recomendaciones del distribuidor para la obtención de resultados óptimos.
9. Apagar el equipo o los equipos cuando no se estén utilizando.



Dra. Amor Monroy-Villagrana

Experta en Propiedad Intelectual y Transferencia de Tecnología

DSETT-IPN

REFERENCIAS

- ASHRAE, 2020. ASHRAE Epidemic Task Force. ASHRAE-Filtration_Disinfection-C19-Guidance.pdf https://www.ashrae.org/File%20Library/Technical%20Resources/COVID-19/ASHRAE-Filtration_Disinfection-C19-Guidance.pdf
- ATSDR. Managing Hazardous Materials Incidents. Hydrogen peroxide. <https://www.atsdr.cdc.gov/MHMI/mmg174.pdf>
- Chan, K.-H.; Peiris, J.M.; Lam, S.; Poon, L.; Yuen, K.; Seto, W.H. The effects of temperature and relative humidity on the viability of the SARS coronavirus. *Advances in virology* 2011.
- D. Vernardou, E. Stratakis, G. Kenanakis, H.M. Yates, S. Couris, M.E. Pemble, E. Koudoumas, N. Katsarakis, J. Photochem. Photobiol. A: Chem. 202 (2009) 81.
- Escobedo, S., & de Lasa, H. (2020). Photocatalysis for Air Treatment Processes: Current Technologies and Future Applications for the Removal of Organic Pollutants and Viruses. *Catalysts*, 10(9), 966.
- Gobierno de México, 2020. Limpieza y desinfección de espacios comunitarios durante la pandemia por SARS-CoV-2.
- Goulhen-Chollet, Florence, et al. "Monitoring the bactericidal effect of UV-A photocatalysis: a first approach through 1D and 2D protein electrophoresis." *Catalysis Today* 147.3-4 (2009): 169–172.
- Gralton, J.; Tovey, E.; McLaws, M.-L.; Rawlinson, W.D. The role of particle size in aerosolized pathogen transmission: a review. *Journal of Infection* 2011, 62, 1-13.
- Arena, L.B.; Karagiozis, A.; Mantha, P. Monitoring of Internal Moisture Loads in Residential Buildings— Research Findings in Three Different Climate Zones. In *Proceedings of Buildings XI: Thermal Performance of Exterior Envelopes of Whole Buildings International Conference*, Clearwater Beach, FL: ASHRAE. Retrieved from http://web.ornl.gov/sci/buildings/2012/2010%20B11%20papers/75_Arena.pdf.
- Habibi-Yangjeh, A., Asadzadeh-Khaneghah, S., Feizpoor, S., & Rouhi, A. (2020). Review on heterogeneous photocatalytic disinfection of waterborne, airborne, and foodborne viruses: Can we win against pathogenic viruses?. *Journal of Colloid and Interface Science*.
- Han, W.; Zhang, B.; Cao, W.; Yang, D.; TAIRA, I.; Okamoto, Y.; Arai, J.; Yan, X. The inactivation effect of photocatalytic titanium apatite filter on SARS virus. *Sheng wu hua xue yu sheng wu wu li jin zhan* 2004, 31, 982-985.
- Howard A. et al. (2011) Photocatalytic disinfection using titanium dioxide: spectrum and mechanism of antimicrobial activity. *Appl Microbiol Biotechnol* 90:1847–1868 DOI 10.1007/s00253-011-3213-7.
- Khaiboullina, S., Uppal, T., Dhabarde, N., Subramanian, V., & Verma, S. C. (2020). In Vitro Inactivation of Human Coronavirus by Titania Nanoparticle Coatings and UVC Radiation: Throwing Light on SARS-CoV-2. *bioRxiv*.
- Maness, Pin-Ching, et al. "Bactericidal activity of photocatalytic TiO₂ reaction: toward an understanding of its killing mechanism." *Applied and environmental microbiology* 65.9 (1999): 4094–4098.
- S. Yang, L. Gao, *J. Am. Ceram. Soc.* 88 (2005) 968.
- Sharma, Ranjana, et al. "Diversity and distribution of commensal fecal *Escherichia coli* bacteria in beef cattle administered selected subtherapeutic antimicrobials in a feedlot setting." *Applied and Environmental Microbiology* 74.20 (2008): 6178–6186.

REFERENCIAS

Shiraishi, Y., Kanazawa, S., Kofuji, Y., Sakamoto, H., Ichikawa, S., Tanaka, S., & Hirai, T. (2014). Sunlight-driven hydrogen peroxide production from water and molecular oxygen by metal-free photocatalysts. *Angewandte Chemie International Edition*, 53(49), 13454-13459.

Yang, W.; Marr, L.C. Dynamics of airborne influenza A viruses indoors and dependence on humidity. *PloS one* 2011, 6, e21481.