



# Irradiación Germicida Ultravioleta para Descontaminación y Reutilización de Mascarilla Filtradora con Respirador N95

John J Lowe, Katie D Paladino, Jerald D Farke, Kathleen Boulter, Kelly Cawcutt, Mark Emodi, Shawn Gibbs, Richard Hankins, Lauren Hinkle, Terry Micheels, Shelly Schwedhelm, Angela Vasa, Michael Wadman, Suzanne Watson, Mark E Rupp.

[Adaptación al idioma español por: Armando De Alba, Walter A Márquez]



SERIOUS MEDICINE. EXTRAORDINARY CARE.®

## Contenido

Índice de figuras .....	2
Introducción .....	3
Fundamentos y Método.....	3
Configuración del cuarto de irradiación germicida Ultravioleta (UVGI).....	4
Mapa de proceso.....	5
Funciones.....	6
Profesional de la salud.....	6
Al quitarse la mascarilla.....	6
Al completar el proceso de descontaminación.....	7
Miembro asociado encargado del UVGI.....	7
Apéndice.....	9
Fotos del proceso.....	9
Personal de transporte.....	10
Miembro asociado encargado del UVGI.....	11



## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> –Configuración del cuarto (vista desde arriba). Las líneas que detienen las mascarillas con respirador N95 miden 13 pies de largo ( $\approx 4$ metros) y pueden sostener 30 mascarillas en cada línea; las lámparas de luz ultravioleta están a una distancia de 4 pies ( $\approx 1.2$ metros) del centro de la línea y están a 8 pies ( $\approx 2.5$ metros) de distancia una de la otra .....	4
<b>Figura 2</b> – Diagrama del proceso por funciones.....	5
<b>Figura 3</b> – Información escrita necesaria en cada uno de los respiradores (nombre y unidad de trabajo a quien pertenece el respirador, fecha en la que se utilizó por primera vez y total de veces que ha pasado por el ciclo de irradiación ultravioleta).....	9
<b>Figura 4</b> –Depositar las bolsas color café que contienen las mascarillas dentro del estante que se encuentra en el cuarto de utilidades sucias.....	10
<b>Figura 5</b> –Llevar a cabo higiene de manos.....	10
<b>Figura 6</b> –Bitácora de entrega de respiradores (debe contener la información del contacto que recogerá los respiradores una vez que hayan sido descontaminados).....	11
<b>Figura 7</b> –Colocar las bolsas con los respiradores en carrito y transportarlas al cuarto de luz ultravioleta. ....	11
<b>Figura 8</b> – Indicar el número de mascarillas y el nombre del dueño de las mascarillas a regresar en una bolsa blanca nueva.....	12
<b>Figura 9</b> –Utilizar toallas de Oxivir 1 para limpiar el carrito a fondo. Dejar el carrito y salir del cuarto. Realizar higiene de manos.....	12
<b>Figura 10</b> –No bloquear el arco de luz de irradiación ultravioleta hacia los respiradores.....	13
<b>Figura 11</b> –Apagar las luces y cerrar la puerta del cuarto.....	13
<b>Figura 12</b> –Iniciar el ciclo por medio de control remoto. Comenzar a registrar en la pantalla táctil.....	14
<b>Figura 13</b> –Mientras el ciclo se lleva a cabo, escribir los nombres en bolsas de papel café nuevas y colocarlas dentro de su bolsa de papel blanco correspondiente.....	14
<b>Figura 14</b> –Dejar correr el ciclo de irradiación hasta que la dosis sea por lo menos de $300 \text{ mJ/cm}^2$ .....	15
<b>Figura 15</b> –Detener el ciclo utilizando el control remoto en cuanto se llegue a la dosis mínima de irradiación necesaria.....	15
<b>Figura 16</b> –Entrar al cuarto portando guantes y mascarilla de procedimientos.....	16
<b>Figura 17</b> –Cada respirador debe llevar una marca indicando el número de ciclos de irradiación que ha recibido, actualizando el total después de cada ciclo.....	16
<b>Figura 18</b> –Los respiradores se deberán de colocar con cuidado y de uno en uno en la bolsa marcada con el nombre del dueño del respirador.....	17
<b>Figura 19</b> –Cerrar y engrapar las bolsas blancas que contienen los respiradores descontaminados .....	17
<b>Figura 20</b> –Colocar las bolsas blancas engrapadas dentro de contenedores de plástico.....	18
<b>Figura 21</b> –Contactar al personal de acuerdo con la bitácora de entrega para avisar que los respiradores están listos para ser recogidos.....	18

## Introducción

### Fundamento y Métodos:

La pandemia del SARS-CoV-2 que ha ocasionado la enfermedad COVID-19, está causando una gran tensión en el sistema de salud mundial y ha creado una escasez importante de equipo de protección personal (“PPE”, por sus siglas en inglés) que incluye la insuficiencia de mascarillas filtradoras con respirador N95, también conocidas como respiradores N95. Con el objetivo de extender las reservas de respiradores N95 en nuestra institución, hemos desarrollado una técnica de descontaminación de los respiradores N95 que ya han sido utilizados cuyo proceso involucra el uso de irradiación germicida ultravioleta (“UVGI”, por sus siglas en inglés). La base de evidencia que apoya este programa incluye lo siguiente: 1) se ha demostrado que la UVGI efectivamente inactiva una amplia variedad de patógenos humanos incluyendo coronavirus y otros virus respiratorios humanos; 2) se ha demostrado que la UVGI inactiva virus respiratorios humanos, incluyendo coronavirus, en varios modelos de mascarillas filtradoras con respirador N95; 3) los niveles de UVGI necesarios para inactivar los virus respiratorios humanos están muy por debajo de los niveles de irradiación que pudieran dañar las características de filtración y ajustado de los respiradores N95; y 4) la UVGI puede administrarse de manera segura cuando se utilizan los métodos de seguridad apropiados. Reconocemos también la incertidumbre que existe en relación al grado en que un respirador N95 conserva sus propiedades de mantener un ajuste adecuado, por lo tanto, recomendamos inspeccionar los respiradores N95 antes y después de reusarse. Cualquier organización que considere seguir la estrategia de descontaminación (incluyendo el UVGI, el vaporizado de peróxido de hidrógeno, etc.) para extender sus reservas de respiradores N95, debe valorar y validar sus propios procedimientos internos, incluyendo el deseo de mantener un control sanitario y el cerciorarse de la eficiencia del ajuste y función óptima de los respiradores. A continuación, describiremos brevemente nuestro proceso para descontaminar y reutilizar los respiradores N95. Recursos adicionales que pudieran servir de apoyo para considerar la implementación de estrategias de descontaminación con UVGI están disponibles por parte de la [U.S. FDA](#) y la [Universidad de Berkeley](#).

La literatura indica que la exposición a UVGI de  $1 \text{ J/cm}^2$  es capaz de descontaminar respiradores N95 del virus de la influenza, y que exposiciones tan bajas como de  $2\text{-}5 \text{ mJ/cm}^2$  son capaces de inactivar los coronavirus en las superficies (1-2). Teniendo en cuenta este rango, nosotros comprobamos que con una exposición de  $60 \text{ mJ/cm}^2$  y  $300 \text{ mJ/cm}^2$ , tomando como referencia el sensor UV del cuarto, descontaminamos los respiradores N95 expuestos a UVGI. Cabe recalcar que, en nuestras instalaciones, al momento de que el sensor UV del cuarto indicaba una exposición de  $60 \text{ mJ/cm}^2$ , esto representaba una radiación total de  $180 \text{ mJ/cm}^2$  a  $240 \text{ mJ/cm}^2$  en los respiradores. Del mismo modo, cuando el sensor UV del cuarto indicaba una exposición de  $300 \text{ mJ/cm}^2$ , la radiación total en los respiradores era entre  $900 \text{ mJ/cm}^2$  y  $1200 \text{ mJ/cm}^2$ , dependiendo que tan lejos estaban colgados de la máquina emisora de luz UV. Con la exposición a estas radiaciones, pudimos validar que se reduce hasta  $6\text{-log}$  del registro de bacterias y virus subrogados. En nuestro proceso de descontaminación, los respiradores N95 usados son sujetos a una dosis de exposición ambiental del cuarto de  $300 \text{ mJ/cm}^2$ . Esta exposición está medida desde una de las dos máquinas/lámparas de UVGI y desde una ubicación que pudiera recibir la dosis más baja de UVGI—esto no representa la dosis que recibe la superficie de cada uno de los respiradores N95 en el cuarto. Nuestro sistema de registro de exposición nos indica que los respiradores N95 reciben una dosis aproximadamente del doble a lo registrado en cada uno de los lados de los respiradores. Haciendo referencia de nueva cuenta a la literatura, los virus de RNA de cadena simple como el SARS-CoV-2, generalmente son inactivados por la exposición a  $2\text{-}5 \text{ mJ/cm}^2$  de UVGI (1). Por lo tanto, la exposición de UVGI que hemos elegido, excede al

menos varias veces la cantidad de exposición requerida para la inactivación de los virus SARS-CoV-2 y provee un amplio margen de seguridad.

Los respiradores N95 son puestos de forma segura en cables colgados en un cuarto con dos máquinas/lámparas de irradiación germicida ultravioleta (Sistema de Luz de UVGI ClorDiSys, <https://www.clordisys.com/products.php>) en ambos lados del cuarto. Cada una de estas máquinas de luz están equipadas con ocho bulbos de 254 nm, los cuales son utilizados de forma rutinaria en gabinetes de bioseguridad y producen  $200 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  a 10 pies ( $\approx 3.05\text{m}$ ) de distancia para una dosis de 12 mJ/minuto. Nuestro sistema emite una irradiación UV de 254nm, a una intensidad de  $400 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  por cada una de las máquinas. Nosotros monitoreamos la dosis emitida por la UVGI por medio de un medidor de UVGI en el cuarto que puede ser controlado desde el exterior para verificar que se haya generado la exposición requerida. Ya que la UVGI puede ocasionar daño a la piel o los ojos, esta forma de controlar la irradiación desde el exterior del cuarto ayuda a proteger la seguridad de nuestro asistente de UVGI. Planeamos descontaminar y reutilizar los respiradores N95 múltiples veces, hasta que se altere el ajuste del respirador (3-5). Antes de iniciar el programa de descontaminación, cubrimos las paredes y el techo con una capa reflejante de luz ultravioleta (<https://lumacept.com>) con la que nuestro grupo tiene experiencia. Inicialmente, nuestro programa incluyó a las unidades con alto uso de respiradores N95, como el departamento de urgencias y nuestra unidad dedicada a pacientes con COVID-19, pero planeamos expandirlo a todos los entornos ambulatorios. Nosotros creemos que una gran variedad de máquinas/ lámparas de luz ultravioleta podrían ser utilizadas de una forma similar, incluyendo gabinetes de esterilización o equipos de bioseguridad con luz UV u otros sistemas de UV desinfectantes. Además, creemos que este método se podría aplicar a una variedad de equipo crítico tales como mascarillas o cubre bocas de procedimientos clínicos u hospitalarios. El método que se describe a continuación es el resultado de varias pruebas, una detallada revisión de la literatura científica y la incorporación de la práctica institucional actual.

### Configuración del cuarto de UVGI

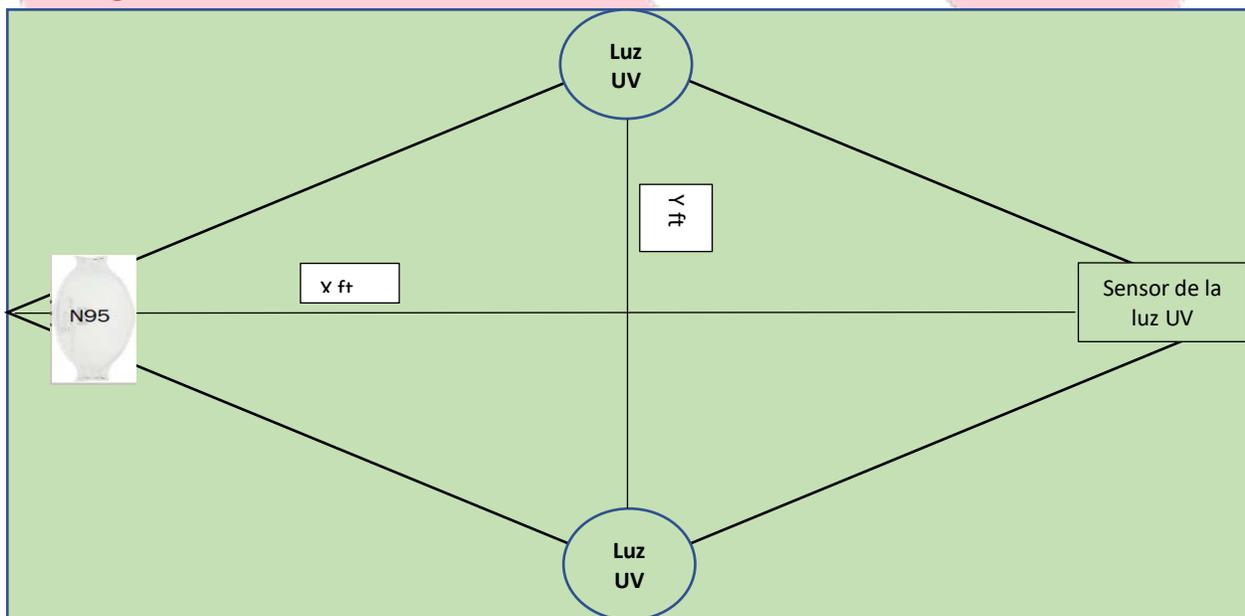


Figura 1 –Configuración del cuarto (vista desde arriba). Las líneas que detienen los respiradores N95 miden 13 pies de largo ( $\approx 4$  metros) y pueden sostener 30 respiradores en cada línea; las lámparas de luz ultravioleta están a una distancia de 4 pies ( $\approx 1.2$  metros) del centro de la línea y están a 8 pies ( $\approx 2.5$  metros) de distancia una de la otra.

Mapa de Proceso

Irradiación Germicida UV para Descontaminación y Reutilización de Mascarilla Filtradora con Respirador N95

Jerry Farke, Katie Paladino  
March 26, 2020.

Profesional de la Salud

Encargado del Transporte

Miembro Asociado Encargado del UVGI

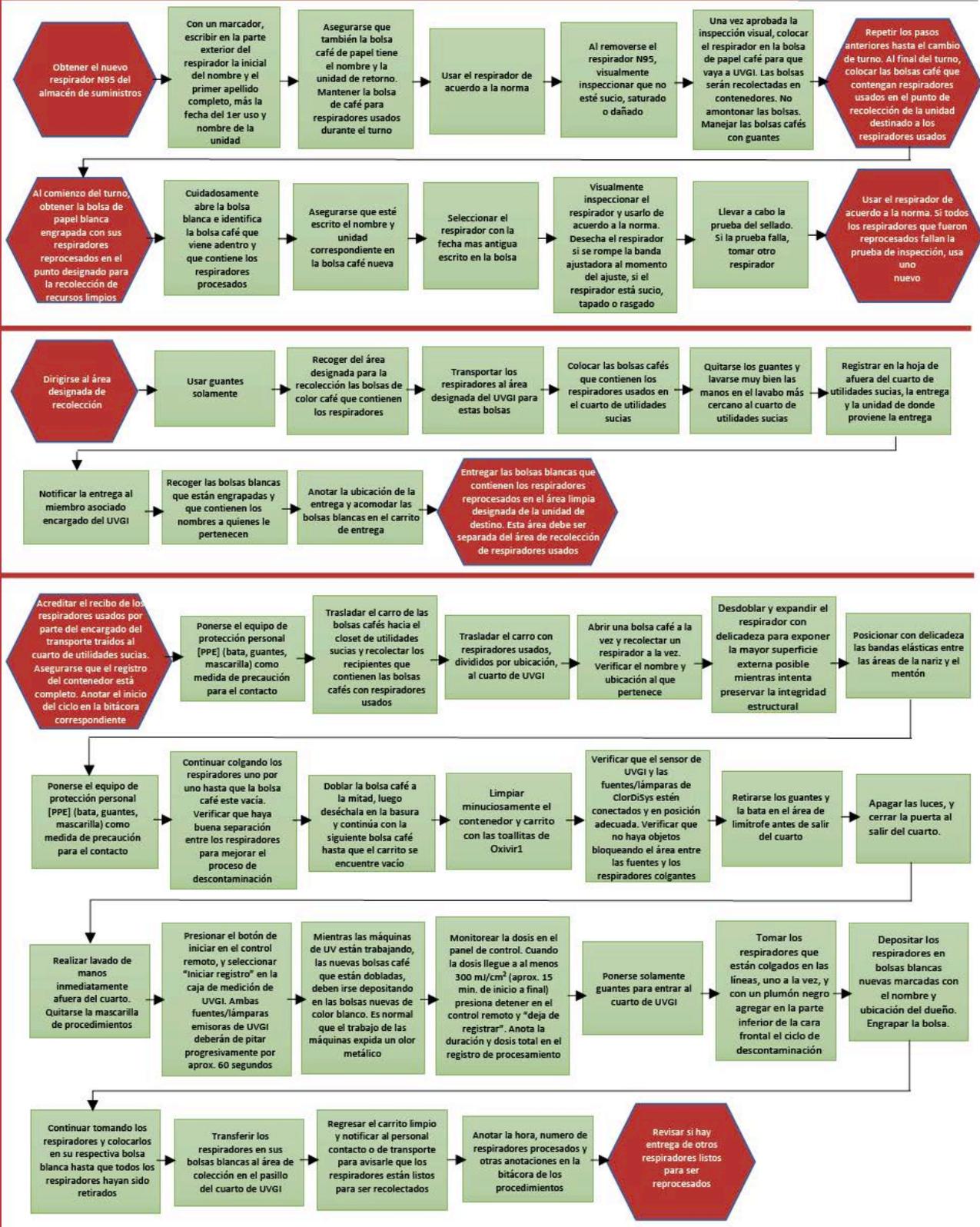


Figura 2. Diagrama de flujo por funciones.

## Funciones

### Profesional de la Salud (PS)

- El profesional de la salud obtendrá un respirador N95 nuevo del almacén Omnicell u otra ubicación de almacenamiento.
- El PS deberá escribir con un plumón negro permanente la información requerida sobre la parte frontal del respirador, incluyendo letra inicial del nombre y apellido, departamento o unidad a la que pertenece y la fecha inicial de uso del respirador. Esto asegura que el respirador N95 sea regresado al PS y lugar correcto. La fecha inicial de uso se solicita para monitorear la duración, así como el número de ciclos de descontaminación.
- El PS debe utilizar el respirador N95 siguiendo las guías de manera que se asegure que la integridad y la medida del respirador sean las correctas.
- El PS deberá utilizar el respirador N95 siguiendo las guías de uso extendido (<https://www.nebraskamed.com/sites/default/files/documents/covid-19/COVID-Extended-Use-Reuse-of-PPE-and-N95.pdf?date03212020>)

### Al momento del retirar:

- Se deberá remover el respirador N95 siguiendo los pasos indicados en las guías.
- Se debe colocar el respirador N95 usado en una bolsa de papel café, asegurándose que la bolsa esté marcada correctamente con el nombre completo del PS y el departamento o unidad a la que se deberá regresar.
- Cuando los respiradores usados estén dentro de las bolsas color café y listos para ser enviados a descontaminación, el PS debe llevar las bolsas al departamento o unidad designado para el depósito de respiradores sucios. Este deberá ser distinto al lugar clasificado para el depósito de respiradores limpios.

### Indicaciones específicas para el personal del servicio interno

- Solamente utilizando guantes, el personal de transporte es el encargado de agrupar todos los respiradores (dentro de bolsas color café) en un carrito o recipiente.
- El personal encargado del transporte debe llevar el carrito o recipiente a la unidad de descontaminación. Para este proceso, solamente es necesario el uso de guantes.
- El personal del transporte deberá colocar las bolsas color café (que contienen los respiradores sucios) en el área de almacenamiento de la unidad de descontaminación. El mismo personal es encargado de colocar el recipiente o las bolsas individuales en el estante correspondiente a la unidad específica.
- El personal del transporte se deberá retirar los guantes y llevar a cabo higiene de manos.
- El personal del transporte registrará la información solicitada en la bitácora de entrega (nombre del individuo que entrega, número de contacto, departamento o unidad de ubicación, nombre de la persona a contactar para recolección y número de contacto para recolección).

### Indicaciones específicas para el personal de clínica ambulatoria y servicios de atención primaria

- El personal del transporte deberá acudir al sitio designado por las clínicas para la recolección de un recipiente cerrado, mismo que debe contener las bolsas color café con los respiradores. Las recolecciones se realizarán en horarios específicos para cada clínica. Cualquier respirador usado, que requiera ser descontaminado, deberá ser colocado en un recipiente antes del horario específico de recolección para esa clínica.

## Tras completar el proceso de descontaminación

### Indicaciones específicas para el personal del servicio interno

- La unidad de descontaminación deberá llamar al contacto registrado en la bitácora para notificarle que los respiradores descontaminados están listos para ser recogidos.
- El encargado del transporte deberá utilizar guantes y retirar los respiradores descontaminados del área de recolección designada en la unidad de descontaminación.
- Los respiradores descontaminados se deberán colocar en bolsas blancas nuevas que mostrarán el nombre del personal y el lugar al que deben regresar. Cada bolsa blanca deberá contener una nueva bolsa café que servirá para descartar como nueva bolsa “sucia”.
- El encargado del transporte debe escribir en el registro la hora y el nombre de la persona que está realizando la recolección.
- Las bolsas blancas deberán ser regresadas al departamento o unidad designada como área de recolección limpia.
- El personal de salud **verificará que después del proceso de descontaminación, el miembro asociado encargado del UVGI haya colocado una marca al respirador, para registrar el número de veces que ese respirador ha pasado a través de descontaminación.**

### Indicaciones específicas para el personal de clínica ambulatoria y servicios de atención primaria

- El personal del transporte deberá regresar las bolsas blancas limpias que contienen los respiradores al sitio designado como área limpia en cada clínica. Las bolsas blancas están marcadas (por el personal de descontaminación) con el nombre y ubicación de cada profesional de la salud. Se incluye una nueva bolsa café en cada una de las bolsas blancas nuevas, que servirán como nuevas bolsas “sucias” para descartar.
- El profesional de la salud **verificará que el miembro asociado encargado del UVGI haya agregado una marca al total de descontaminaciones para mantener una cuenta del número de veces que la mascarilla ha pasado por el proceso de descontaminación.**
- Las entregas a las clínicas se llevan a cabo en horarios específicos para cada clínica.

\*Indicación específica para personal interno cambiante: El personal de salud que rota entre varias unidades o servicios, puede elegir la unidad o departamento en el que trabajó más recientemente para que sean regresadas las bolsas blanca y café a dicha unidad, o bien, puede escribir “personal cambiante” como su ubicación. El personal de salud que designe su ubicación como “personal cambiante” necesitará recoger personalmente su bolsa blanca con sus respiradores descontaminados en el área designada para el personal cambiante en la sección limpia de la unidad de descontaminación.

### Miembro Asociado Encargado del UVGI

- El miembro asociado encargado debe recibir los respiradores usados por parte del personal del transporte. Se deberá asegurar que el registro de entrega haya sido completado y anotar el tiempo de inicio del ciclo en la bitácora de descontaminación.
- Deberá utilizar equipo personal de protección (PPE) como bata, guantes y mascarilla de procedimientos, para precaución de contactos.
- Se encargará de trasladar el carro de bolsas color café hacia el clóset de utilidades sucias y recolectar los recipientes que contienen las bolsas color café con respiradores usados.
- Se encargará de trasladar el carro con respiradores usados, divididos por ubicación, al cuarto de luz ultravioleta.



- Debe abrir una bolsa café a la vez y tomar un respirador a la vez. Se encargará de verificar el nombre, ubicación y fechas escritas en el respirador.
- Deberá desdoblar y expandir el respirador con delicadeza para exponer la mayor superficie externa posible mientras intenta preservar la integridad estructural. Se debe asegurar que el respirador no está volteado mostrando la parte interna. No debe colocarlo de manera que muestre la parte interna.
- Se debe posicionar con delicadeza las bandas elásticas entre las áreas de la nariz y el mentón.
- Utilizando una pinza de ropa, se deberá colgar el respirador de uno de sus extremos minimizando, lo mejor posible, el área que será pinzada.
- El miembro asociado continuará colgando los respiradores uno por uno hasta que la bolsa café se encuentre vacía. Asimismo, deberá verificar que haya buena separación entre los respiradores para mejorar el proceso de descontaminación.
- Deberá doblar la bolsa café a la mitad, luego la desechará en la basura y continuará con la siguiente bolsa café hasta que el carrito se encuentre vacío.
- Deberá limpiar minuciosamente el contenedor y carrito con las toallitas de Oxivir1.
- Verificará que el sensor de UVGI y las máquinas/lámparas de ClorDiSys estén conectados y en posición adecuada. Comprobará que no haya objetos bloqueando el área entre las lámparas y los respiradores colgantes.
- Deberá retirarse los guantes y la bata en el área limítrofe, antes de salir del cuarto.
- Deberá apagar las luces, y cerrar la puerta al salir del cuarto.
- El miembro asociado deberá realizar lavado de manos inmediatamente afuera del cuarto y quitarse la mascarilla de procedimientos.
- Deberá presionar el botón de inicio (*start*) en el control remoto, y seleccionar “Iniciar registro” en la caja de medición de UVGI. Ambas máquinas/lámparas emisoras de UVGI comenzarán a emitir un sonido progresivamente más rápido por una duración aproximada de 60 segundos.
- Mientras las máquinas están funcionando por un ciclo de aproximado de 5 minutos, el miembro asociado deberá poner bolsas color café nuevas y dobladas dentro de bolsas blancas nuevas. El olor metálico es normal mientras las lámparas emisoras están funcionando.
- Se deberá monitorear la dosis en el panel de control. Cuando la dosis llegue a por lo menos 300 mJ/cm<sup>2</sup> (aproximadamente 15 minutos de inicio a final) se debe presionar “detener” en el control remoto y “dejar de registrar”. Habrá que anotarse la duración y dosis total en el registro de procesamiento. Nota: la exposición prolongada a la radiación ultravioleta puede degradar las tiras de plástico de los respiradores.
- Únicamente utilizar guantes y entrar al cuarto de UVGI.
- Se deberán de tomar los respiradores que están colgados en las líneas, uno a la vez, y con un plumón negro agregar en la parte inferior de la cara frontal el ciclo de descontaminación.
- Se deberá depositar los respiradores en bolsas blancas nuevas marcadas con el nombre y ubicación del dueño y engrapar la bolsa.
- Se continuará tomando los respiradores y colocándolos en su respectiva bolsa blanca hasta que todos los respiradores hayan sido retirados.
- El miembro asociado deberá transferir los respiradores en sus bolsas blancas al área de colección en el pasillo del cuarto de UVGI.
- Se regresará el carrito limpio y notificará al personal contacto o de transporte para avisarle que los respiradores están listos para ser recogidos.



- El miembro asociado deberá anotar la hora, el número de respiradores procesados y otras anotaciones en la bitácora de los procedimientos.
- Se revisará si hay entrega de otros respiradores listos para ser reprocesados.

## Apéndice

### Fotos del Proceso



Figura 3 – Información escrita necesaria en cada uno de los respiradores (nombre y unidad de trabajo a quien pertenece el respirador, fecha en la que se utilizó por primera vez y total de veces que ha pasado por el ciclo de UVGI).

## Personal de Transporte



Figura 4 –Deposita las bolsas café que contienen las mascarillas dentro del estante que se encuentra en el cuarto de utilidades sucias.



Figura 5 –Realizar higiene de manos

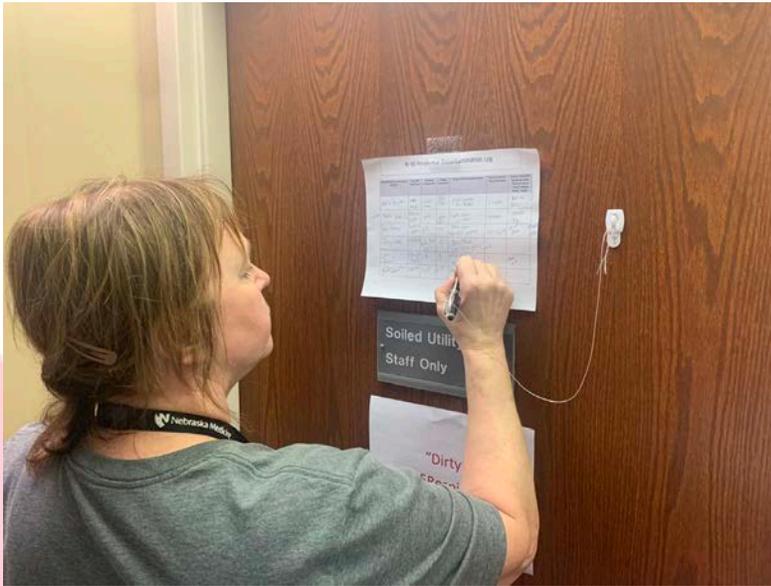


Figura 6 –Bitácora de entrega de respiradores (debe de contener la información del contacto que recogerá los respiradores ya que hayan sido descontaminados).

## Miembro Asociado Encargado del UVGI



Figura 7 –Coloca las bolsas con los respiradores en carrito y las transporta al cuarto de UVGI.





Figura 8 – En una bolsa blanca indica a el nombre a quien pertenecen las mascarillas, y el número de mascarillas a regresar.



Figura 9 –Utiliza toallas de Oxivir 1 para limpiar perfectamente el carrito. Dejar el carrito limpio a la mano, y retirarse del cuarto. Realizar higiene de manos.



Figura 10 –No bloques el arco de luz del UVGI hacia los respiradores.



Figura 11 –Apaga las luces y cierra la puerta del cuarto.



Figura 12 –Inicia el ciclo por medio de control remoto. Comienza a registrar en la pantalla táctil.



Figura 13 –Mientras el ciclo se lleva a cabo, escribe los nombres en bolsas de papel café nuevas y colócalas dentro de su bolsa de papel blanco correspondiente.





Figura 14 –Deja correr el ciclo de irradiación hasta que la dosis sea por lo menos de 300 mJ/cm<sup>2</sup>.



Figura 15 –Detén el ciclo utilizando el control remoto en cuanto se llegue a la dosis mínima de irradiación necesaria.



Figura 16 –Entra al cuarto portando guantes y mascarilla de procedimientos.



Figura 17 –Cada respirador debe llevar una marca indicando el numero de ciclos de irradiación UVGI que ha recibido. Actualizar el número total después de cada ciclo.





Figura 18 –Los respiradores se deberán de colocar con cuidado y de uno en uno en la bolsa marcada con el nombre a quien le pertenece el respirador.



Figura 19 –Cierra las bolsas blancas que contienen los respiradores descontaminados con una engrapadora.





Figura 20 –Coloca las bolsas blancas engrapadas dentro de contenedores de plástico.



Figura 21 –Contactar al personal de acuerdo con la bitácora de entrega para avisar que los respiradores están listos para ser recogidos.



## Referencias:

1. Mills, Devin, Delbert A. Harnish, Caryn Lawrence, Megan Sandoval-Powers, and Brian K. Heimbuch. "Ultraviolet germicidal irradiation of influenza-contaminated N95 filtering facepiece respirators." *American journal of infection control* 46, no. 7 (2018): e49-e55. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2018.02.018>
2. Chun-Chieh Tseng & Chih-Shan Li (2007) Inactivation of Viruses on Surfaces by Ultraviolet Germicidal Irradiation, *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 4:6, 400-405, DOI: 10.1080/15459620701329012
3. Michael B. Lore, Brian K. Heimbuch, Teanne L. Brown, Joseph D. Wander, Steven H. Hinrichs, Effectiveness of Three Decontamination Treatments against Influenza Virus Applied to Filtering Facepiece Respirators, *The Annals of Occupational Hygiene*, Volume 56, Issue 1, January 2012, Pages 92–101, <https://doi.org/10.1093/annhyg/mer054>
4. Dennis J. Viscusi, Michael S. Bergman, Benjamin C. Eimer, Ronald E. Shaffer, Evaluation of Five Decontamination Methods for Filtering Facepiece Respirators, *The Annals of Occupational Hygiene*, Volume 53, Issue 8, November 2009, Pages 815–827, <https://doi.org/10.1093/annhyg/mep070>
5. William G. Lindsley, Stephen B. Martin Jr., Robert E. Thewlis, Khachatur Sarkisian, Julian O. Nwoko, Kenneth R. Mead & John D. Noti (2015) Effects of Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI) on N95 Respirator Filtration Performance and Structural Integrity, *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 12:8, 509-517, DOI: 10.1080/15459624.2015.1018518
6. Katelyn C. Jelden, Shawn G. Gibbs, Philip W. Smith, Angela L. Hewlett, Peter C. Iwen, Kendra K. Schmid & John J. Lowe (2017) Ultraviolet (UV)-reflective paint with ultraviolet germicidal irradiation (UVGI) improves decontamination of nosocomial bacteria on hospital room surfaces, *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 14:6, 456-460, DOI: [10.1080/15459624.2017.1296231](https://doi.org/10.1080/15459624.2017.1296231)

