



Since January 2020 Elsevier has created a COVID-19 resource centre with free information in English and Mandarin on the novel coronavirus COVID-19. The COVID-19 resource centre is hosted on Elsevier Connect, the company's public news and information website.

Elsevier hereby grants permission to make all its COVID-19-related research that is available on the COVID-19 resource centre - including this research content - immediately available in PubMed Central and other publicly funded repositories, such as the WHO COVID database with rights for unrestricted research re-use and analyses in any form or by any means with acknowledgement of the original source. These permissions are granted for free by Elsevier for as long as the COVID-19 resource centre remains active.



ENFERMERÍA BASADA EN LA EVIDENCIA. REVISIÓN

## Reutilización limitada y uso extendido de mascarillas de media-alta filtración



María Consuelo Company Sancho<sup>a,\*</sup>, Esther González-María<sup>b</sup> y Eva Abad-Corpa<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Servicio de Promoción de la Salud, Dirección General de Salud Pública. Servicio Canario de la Salud (Investén-isciii). Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas, España

<sup>b</sup> Unidad de Investigación en Cuidados de Salud (Investén-isciii). Instituto de Salud Carlos III. CIBERFES, Madrid, España

<sup>c</sup> Facultad de Enfermería, Universidad de Murcia; Hospital Reina Sofía, Servicio Murciano de Salud. Instituto Murciano de Investigación Biomédica (IMIB-Arrixaca). (Investén-isciii). CIBERFES, Murcia, España

Recibido el 4 de mayo de 2020; aceptado el 11 de mayo de 2020

Disponible en Internet el 21 de mayo de 2020

### PALABRAS CLAVE

Mascarilla;  
Pandemias;  
Reciclaje;  
N95;  
FPP

### Resumen

**Objetivo:** Los equipos de protección individual (EPI), y dentro de ellos las mascarillas, son fundamentales en una pandemia como la del COVID-19, que ha requerido, en muchas ocasiones, de reutilización de material debido a su escasez. El objetivo de esta revisión es sintetizar la evidencia disponible sobre la reutilización y uso extendido de las mascarillas de media y alta filtración.

**Método:** Revisión exploratoria. Búsqueda a través de lenguaje natural en PubMed y Centros, Agencias y Organizaciones para el Control de Enfermedades. Se limitó a artículos publicados entre 2010-2020 en inglés y en español.

**Resultados:** Se localizaron 83 artículos, seleccionándose 14, más cinco recomendaciones. Los temas abordados se clasifican en siete apartados: Caducidad, uso extendido y reutilización de mascarillas, técnica de manipulación, sellado, efectos físicos psicológicos y cumplimentación, contaminación y descontaminación de mascarillas.

**Conclusiones:** La reutilización de las mascarillas no está recomendada por los organismos oficiales ni los fabricantes, sólo se acepta en casos extraordinarios, como las pandemias. Los estudios se caracterizan por contar con muestras pequeñas, usan diferentes modelos de mascarillas ajustando su recomendación al modelo.

© 2020 Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [ccomsan@gobiernodecanarias.org](mailto:ccomsan@gobiernodecanarias.org) (M.C. Company Sancho).

**KEYWORDS**

Filtering facepiece respirator;  
 Pandemics;  
 Equipment reuse;  
 N95;  
 FFP

**Limited Reuse and Extended Use of Filtering Facepiece Respirators****Abstract**

*Aim:* Personal protective equipment (PPE), including respirators, is essential in a pandemic like COVID-19, which has required, on many occasions, the reuse of material due to its shortage. The aim of this review is to summarize available evidence on the reuse and extended use of filtering facepiece respirator.

*Method:* Scoping review. Search through natural language in PUBMED and Centers, Agencies and Organizations for Disease Control. Limited to articles published between 2010-2020 in English and Spanish.

*Results:* 83 articles were located, 14 were selected, plus 5 recommendations. The topics included in this study are classified in 7 sections: expiration, extended use and reuse of masks, handling techniques, sealing, physical-psychological effects and compliance, contamination and decontamination of respirators.

*Conclusions:* The reuse of masks is not recommended by official organizations or manufacturers, and is only accepted in extraordinary cases, such as pandemics. The studies are characterized by having small samples, using different models of respirators adjusting their recommendation to the model.

© 2020 Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

**Introducción**

Las mascarillas son equipos de protección individual (EPI) cuya función es proteger al usuario de la exposición a contaminantes a través de las vías respiratorias. Están realizadas con material filtrante indicadas para la protección respiratoria frente a partículas y aerosoles líquidos. No protegen frente a gases ni vapores químicos.

Existen dos tipos de mascarillas: Las quirúrgicas, que filtran las partículas emitidas por quien la usa impidiendo que lleguen al paciente, y las de alta eficacia (Filtering Face Piece, FFP/Filtro Protección Personal, FPP), diseñadas para filtrar partículas, aerosoles líquidos y patógenos presentes en el medio ambiente, impidiendo ser inhaladas por el usuario.

El material filtrante es un entramado de fibras plásticas que retiene al contaminante. En función de su eficacia filtrante (según la norma de la Unión Europea EN 149) se distinguen tres clases: FFP1 (eficacia filtración 78%), baja eficacia; FFP2 (eficacia filtración 92%), media eficacia; y FFP3 (eficacia filtración 98%), alta eficacia.

La mascarilla filtrante N95, según la normativa americana, tiene una capacidad de filtrado de partículas del 95%<sup>1</sup>.

El tipo de mascarilla a utilizar se determina en función de la toxicidad del contaminante y de la concentración ambiental presente.

Las mascarillas pueden tener válvula de exhalación que facilita la respiración y evita la condensación, y se recomiendan para largos periodos de uso. Al no filtrar el aire exhalado por el usuario, las mascarillas con válvula no se deben colocar a pacientes con procesos respiratorios infecciosos.

La pandemia de COVID-19 ha provocado una gran escasez de material de protección individual para los profesionales de la salud, uno de estos han sido las mascarillas de alta filtración FFP2, FFP3 normativa europea, o N95 normativa americana. Esta situación excepcional ha provocado que se

necesite reutilizar mascarillas y hacer un uso extendido (uso de la misma mascarilla para atender a varios pacientes sin quitarse la mascarilla entre paciente y paciente) más allá de las recomendaciones de sus fabricantes.

El objetivo de este trabajo es identificar y resumir la evidencia existente sobre el uso prolongado y la reutilización de mascarillas de media-alta filtración (FFP2 y FFP3 o N95).

**Método****Diseño**

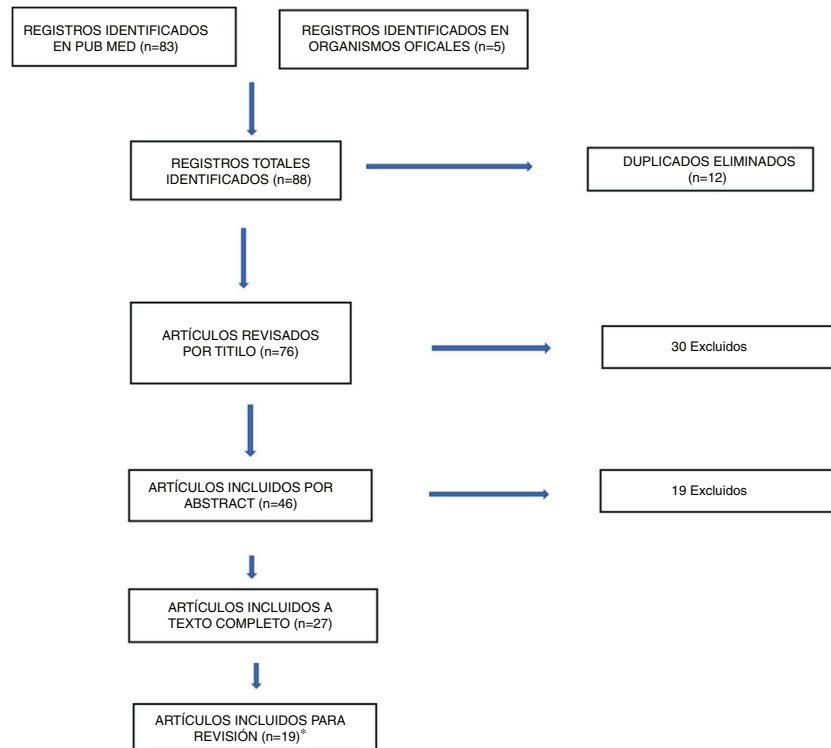
Revisión exploratoria en PubMed y en documentos del Centro para el Control de Enfermedades (CDC) y la Organización Mundial de la Salud (OMS).

**Estrategia de búsqueda**

Se realizó una búsqueda electrónica con los términos: *respirator, filtering facepiece, FFP, N95, reuse, extend, outbreak, pandemia, y training* con los correspondientes truncamientos. Estos términos se han combinado con los operadores booleanos lógicos OR y AND para la identificación de artículos que den respuesta al objetivo del estudio. Se limitó a artículos publicados entre 2010-2020 en inglés y en español.

**Evaluación crítica**

No se establecieron criterios de exclusión según la calidad ni el diseño. Se seleccionaron los documentos alineados con la pregunta de revisión. Se clasificaron los documentos encontrados por su rigor metodológico y el nivel de evidencia o el grado de recomendación según los criterios establecidos por



**Figura 1** Flujograma de búsqueda y selección de estudios  
\*14 artículos, cinco recomendaciones.

el Instituto Joanna Briggs, aunque no se utilizó como criterio de selección.

### Extracción, análisis y síntesis de datos

Se extrajo información sobre fecha y país de publicación, tipo de estudio, valoración del nivel de evidencia y grado de recomendación y resultados de interés para responder a la pregunta.

Se realizó la síntesis de los hallazgos a través de un análisis temático.

### Limitaciones

Se ha establecido un límite idiomático, al centrar la búsqueda únicamente en artículos escritos en inglés y castellano, y un límite temporal al delimitar la búsqueda a los 10 últimos años. La necesidad asistencial imperiosa ha requerido de una revisión de la literatura en un corto espacio de tiempo.

### Resultados

Los estudios incluidos son mayoritariamente diseños experimentales, revisiones bibliográficas, evaluación de práctica clínica con intervención de ciclo de mejora, y un estudio piloto. El flujograma de la búsqueda se presenta en la [figura 1](#).

### Recomendaciones

Los temas abordados en los documentos incluidos en la revisión se pueden clasificar en siete grandes áreas: Uso de mascarillas caducadas, uso extendido y reutilización de mascarillas, técnica de manipulación, sellado, efectos físicos psicológicos y cumplimentación, contaminación y descontaminación de mascarillas.

### Uso de mascarillas caducadas

Los CDC de Estados Unidos estudiaron 11 modelos de mascarillas N95 caducadas<sup>2</sup>. La mayoría de estas mascarillas seguían cumpliendo estándares de rendimiento del NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*) para la eficacia de filtración y la resistencia a la inhalación y exhalación. Sin embargo, recomiendan su uso teniendo en cuenta que pueden no cumplir con los requisitos para los cuales fueron certificadas. Se deben tomar las siguientes precauciones en caso de usar mascarillas caducadas: Verificar visualmente la integridad del material; comprobar que los elásticos, puente nasal y material de espuma nasal no se hayan deteriorado, ya que puede afectar a la calidad del ajuste y sellado; si no se produce un sellado adecuado o no puede hacer una verificación correcta, no debe usarse<sup>2</sup>.

Es conveniente usar estas mascarillas como protección respiratoria en las evaluaciones médicas, entrenamientos y pruebas de ajuste del dispositivo, comprobando el sellado de la mascarilla. No se recomienda su uso en entornos quirúrgicos<sup>3</sup>.

## Uso extendido y reutilización de mascarillas

Se desconoce cuál es la contribución potencial de la transmisión por contacto del virus SARS-CoV2, por lo que se debe tener precaución.

La decisión de reutilización o uso prolongado de las mascarillas de alta filtración debe ser tomada por la administración sanitaria. Se tendrán en cuenta las características del patógeno y las condiciones locales<sup>4</sup>.

### Uso extendido

Las recomendaciones para el uso extendido de las mascarillas son:

- Mantener el ajuste y la función.
- Pueden usarse durante ocho horas continuas o intermitentes.
- No se recomienda usarla de forma continua más de cuatro horas<sup>5</sup>.
- Reforzar el cumplimiento de medidas básicas (minimizar contacto con la mascarilla, estricta higiene de manos, técnica adecuada de colocación y retirada de la misma con capacitación adicional a los profesionales y recordatorios).
- Desechar la mascarilla en caso de: Procedimientos con aerosoles, de contaminación con sangre, secreciones respiratorias o nasales y otros fluidos corporales del paciente, y de contacto con pacientes en aislamiento.
- El profesional debe abandonar el área de atención al paciente si necesita quitársela<sup>6</sup>.
- Considerar la utilización de una pantalla de protección facial sobre la mascarilla y otras medidas (p. ej., mascarillas a los pacientes) para reducir la contaminación de la superficie.
- Descartar cualquier mascarilla que esté dañada o en la que se dificulte respirar.

### Reutilización limitada

La «reutilización limitada» de las mascarillas hace referencia al uso de la misma mascarilla para atender a varios pacientes, retirándola después de cada encuentro. La evidencia muestra que no se puede determinar el número de veces seguras en que se puede reutilizar una mascarilla. Su uso se ve determinado por variables que afectan a la funcionalidad y a la contaminación de la mascarilla. Las recomendaciones sobre refuerzo del cumplimiento de medidas básicas, casos en que se debe desechar la mascarilla, utilización de pantalla de protección facial y abandono del área de atención para quitarse la mascarilla, son las mismas que en el uso extendido. Adicionalmente se recomienda: Doblar las mascarillas con cuidado para que la superficie exterior se mantenga hacia adentro y contra sí misma para reducir el contacto con la superficie exterior durante el almacenamiento. La mascarilla doblada puede almacenarse entre usos, en una bolsa de papel (por ser transpirable) limpia y sellable o en un contenedor transpirable<sup>6</sup>.

Colgar la mascarilla usada en un área designada de almacenamiento; identificar claramente la persona que la está usando y no compartir su uso; lavarse las manos con agua y

jabón o desinfectante antes y después de tocar o ajustar la mascarilla; usar guantes no estériles para colocarse la mascarilla y realizar el sellado en la cara; evitar el contacto con el interior de la mascarilla.

Si no hay indicaciones específicas del fabricante, se sugiere no usar las mascarillas más de cinco veces por dispositivo<sup>4</sup>.

Fisher et al.<sup>7</sup> analizan las recomendaciones del CDC para el uso extendido y la reutilización limitada de mascarillas N95 y realizan una estimación del balance beneficio-riesgo con su uso. Recomiendan su uso cuando el patógeno se propague a través de la transmisión por contacto, el evento pueda provocar o esté causando escasez de N95, el N95 haga su función de protección, factores humanos (como molestias por el largo periodo de uso), la posibilidad de autoinocularse reutilizándolas (más patógeno, mayor riesgo de autotransferencia), según el potencial de exposiciones secundarias (mayor transferencia a terceros), y con base en las políticas y regulaciones gubernamentales.

En general, se prefiere el uso extendido de N95 sobre su reutilización limitada. La reutilización limitada de N95 permitiría al usuario un breve respiro de los tiempos de uso prolongados, pero aumenta el riesgo de autoinoculación y los datos preliminares de un estudio sugieren que algunos modelos de N95 pueden comenzar a perder efectividad después de múltiples retiradas.

### Técnica de manipulación de mascarillas

En el estudio de Bien et al.<sup>8</sup> se comprobó la implantación de un programa de mejora de protección respiratoria solicitando a los profesionales, sobre todo enfermeras, que hicieran una demostración del uso de mascarillas. Un 57% no las inspeccionó tras quitárselas, no colocó las gomas correctamente, falló en la comprobación del sellado y al quitársela sólo tocando las gomas. El 50% no se desprendió adecuadamente de la mascarilla. Estos profesionales afirmaron reusar las mascarillas en sus servicios.

### Sellado de la mascarilla

En un estudio piloto para evaluar la tensión de las gomas de sujeción de tres modelos de mascarillas tras múltiples usos, se concluye que el mayor deterioro se produce con la primera utilización. Se sigue deteriorando con cada uso y a partir de cinco usos el deterioro es menor de 1 Newton<sup>9</sup>. En otro estudio experimental aleatorizado, tras probar seis modelos de mascarillas con 20 colocaciones cada una en un hipotético turno de 10 horas, se concluye que pueden realizarse cinco colocaciones consecutivas antes de dejar de tener un sellado efectivo<sup>10</sup>. Este estudio examina si el ajuste de la mascarilla es efectivo después de cinco usos, así como si es más correcto en personas que tienen experiencia frente a noveles. El 48% de los sujetos fallaron al menos una vez en la prueba de ajuste; estos fallos pudieron deberse a una mala adherencia a los procedimientos, siendo posible solucionarse con un mejor entrenamiento. No hubo diferencia entre hombres y mujeres, como en otros estudios, ni entre noveles y experimentados<sup>11</sup>.

Un aspecto reflejado en los estudios es que debe proporcionarse la talla adecuada de mascarilla<sup>11</sup>.

## Efectos físicos, psicológicos y cumplimiento

En un ensayo clínico aleatorizado con 10 enfermeras de UCI se comparó en dos grupos, el uso prolongado de mascarillas FFP frente a FFP más mascarilla quirúrgica sobrepuesta, durante un turno de 12 horas. El promedio de uso fue de tres mascarillas en ambos grupos. Los motivos de retirada fueron comer, beber, finalización de turno o incomodidad. Cada enfermera incumplió las normas de una media de 25,7 veces por turno, siendo las más frecuentes tocar la mascarilla y ajustarla. Concluye que las mascarillas fueron bien toleradas<sup>12</sup>.

## Contaminación con mascarillas reusadas

En el estudio de Brady et al., se analizó la retirada y reutilización de las mascarillas, concluyendo que, si se realiza una técnica adecuada en la reutilización de las mismas, la transmisión de patógenos se puede reducir al mínimo<sup>13</sup>. Una revisión de la literatura sugiere que la reutilización de mascarillas debe considerarse cuidadosamente ya que algunos patógenos pueden permanecer días con la misma<sup>14</sup>.

## Descontaminación de mascarillas reusadas

A pesar de la recomendación de la FDA (*Food and Drug Administration*) y de los fabricantes sobre la no esterilización de las mascarillas, se pueden proponer algunos métodos para ello: La descontaminación con radiación germicida ultravioleta (UVGI) podría usarse para desinfectar eficazmente las mascarillas desechables para su reutilización<sup>15-17</sup>. La implantación de un método UVGI requerirá una cuidadosa consideración del modelo N95, el tipo de material y el diseño<sup>15</sup>. El número de ciclos de desinfección estará limitado por el modelo de mascarilla y la dosis de UVGI requerida para inactivar el patógeno. Las propiedades de filtración de la mascarilla y la tensión de la goma sufren pocas modificaciones, la fuerza de los materiales sí se ve afectada a mayor exposición de UVGI<sup>16</sup>.

En un estudio se exploran tres métodos simples y rápidos, que no transmitan residuos y no degraden el nivel de protección de las mascarillas con toallitas de limpieza con distintas sustancias como cloruro de benzalconio, 0,9% de hipoclorito y sin antimicrobianos. Aunque consigue niveles de desinfección, sobre todo con el cloruro de benzalconio, no son eficaces, siendo un estudio puramente informativo para proseguir futuras líneas de investigación<sup>18</sup>.

Otro método es la desinfección de mascarillas con bolsas de microondas para esterilización de material infantil, con tres exposiciones al vapor, que alcanzan reducciones del 99,9% (*Bacteriophage MS2*), con una eficiencia de la mascarilla superior 95%. Uno de los inconvenientes es la absorción de agua por parte de la mascarilla que requerirá un secado prolongado. A pesar de los resultados prometedores, los autores recomiendan seguir futuras investigaciones<sup>19</sup>.

El vapor generado por microondas y el calor húmedo fueron eficaces reduciendo la carga viral (> 4 log de media). No hubo reducción importante del funcionamiento del filtro y no se analizó si hubo deterioro del sellado<sup>17</sup>.

Las cantidades de residuos químicos retenidas tras una descontaminación por siete técnicas simples, como

son óxido de etileno y peróxido de hidrógeno vaporizado (método gaseoso), peróxido de hidrógeno, hipoclorito sódico, oxidantes mixtos y dimetildioxirano (método líquido) y luz ultravioleta, fueron en general pequeñas, no planteando ningún peligro significativo para la salud<sup>20</sup>.

## Discusión y conclusiones

La totalidad de estudios concluyen que la reutilización y descontaminación de las mascarillas debe ser realizada sólo en casos de escasez de recursos, como puede ser la actual situación de pandemia. Se aportan recomendaciones de uso según organismos oficiales y se añaden siete temas resultantes de la búsqueda que pueden reforzar la buena reutilización de las mascarillas.

Los estudios hallados se caracterizan por contar con muestras pequeñas y usar diferentes modelos de mascarillas, por lo que sólo ciñen su recomendación al modelo experimentado. Esto es una limitación, ya que no todas las mascarillas funcionan igual frente a la descontaminación. En el estudio de Mills et al.<sup>15</sup>, donde se probaron 15 modelos diferentes de mascarilla, se recomienda tener en cuenta la variabilidad del diseño en la eficacia de la descontaminación. Lindsley et al.<sup>16</sup> por su parte, también comentan que los cambios en la resistencia de los materiales, cuando se descontaminan con UVGI, varía según los modelos. Roberge et al.<sup>9</sup> advierten de que el material de las gomas de las mascarillas analizadas en su estudio es elastómero y que si ese material cambia no pueden ser aplicadas sus conclusiones.

Otra de las limitaciones que podemos encontrar es que muchas de las pruebas de resistencia o de carga vírica son realizadas en laboratorios, lo que hace tomar con cautela los resultados al trasladarlos a la práctica clínica.

Las mascarillas disponen de varias partes con materiales diferentes en su fabricación, los elásticos, la sujeción de la nariz que puede contener metal, espuma y el material filtrante propiamente dicho, y en los diferentes estudios no siempre se tienen en cuenta o se analizan igual.

En su mayoría, los estudios se desarrollan en momentos de no existencia de pandemia y estrés, y en ámbitos controlados. En futuros estudios sería aconsejable su realización en situaciones reales y con el agente contaminante COVID-19. En estos momentos de la pandemia, el mundo es un laboratorio natural para generar evidencia.

Debido a la escasez de información, se recomienda tomar con precaución los hallazgos, teniendo en consideración el aumento inusual de publicaciones diarias que pueden modificar la información encontrada.

## Financiación

No existen fuentes de financiación públicas ni privadas.

## Conflicto de intereses

Las autoras no declaran ningún conflicto de intereses.

## Bibliografía

1. Banco de Preguntas Preevid. Eficacia de las mascarillas filtrantes N95 frente a las FFP2 Murciasalud [Consultado 25 Mar 2020] Disponible en <http://www.murciasalud.es/preevid/23536> 2020.
2. Centers for Disease Control and Prevention. Release of Stockpiled N95 Filtering Facepiece Respirators Beyond the Manufacturer-Designated Shelf Life: Considerations for the COVID-19 Response [Consultado 25 marzo 2020] Disponible en: [https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/release-stockpiled-N95.html?CDC\\_AA\\_refVal=https%3A%2F%2Fwww.cdc.gov%2Fcoronavirus%2F2019-ncov%2Frelease-stockpiled-N95.html](https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/release-stockpiled-N95.html?CDC_AA_refVal=https%3A%2F%2Fwww.cdc.gov%2Fcoronavirus%2F2019-ncov%2Frelease-stockpiled-N95.html).
3. Centers for Disease Control and Prevention. Strategies for Optimizing the Supply of N95 Respirators [Consultado 26 Mar 2020] Disponible en: [https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/respirators-strategy/index.html?CDC\\_AA\\_refVal=https%3A%2F%2Fwww.cdc.gov%2Fcoronavirus%2F2019-ncov%2Fhcp%2Frespirators-strategy%2Fcrisis-alternate-strategies.html](https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/respirators-strategy/index.html?CDC_AA_refVal=https%3A%2F%2Fwww.cdc.gov%2Fcoronavirus%2F2019-ncov%2Fhcp%2Frespirators-strategy%2Fcrisis-alternate-strategies.html).
4. Centers for Disease Control and Prevention. Recommended Guidance for Extended Use and Limited Reuse of N95 Filtering Facepiece Respirators in Healthcare Settings [Consultado 25 marzo 2020] Disponible en: <https://www.cdc.gov/niosh/topics/hcwcontrols/recommendedguidanceextuse.html#ref19>.
5. World Health Organization. Rational use of personal protective equipment for coronavirus disease (COVID-19): interim guidance [Consultado 27 marzo 2020] Disponible en: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/331215/WHO-2019-nCov-IPCPE-use-2020.1-eng.pdf>.
6. Centers for Disease Control and Prevention. Strategies for Optimizing the Supply of Facemasks [Consultado 27 marzo 2020] Disponible en: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/ppe-strategy/face-masks.html>.
7. Fisher EM, Shaffer RE. Commentary Considerations for Recommending Extended Use and Limited Reuse of Filtering Facepiece Respirators in Health Care Settings. *J Occup Environ Hyg.* 2014;11:D115–28, <http://dx.doi.org/10.1080/15459624.2014.902954>.
8. Bien EA, Gillespie GL, Betcher CA, Thrasher TL, Mingerink DR. Respiratory Protection Toolkit: Providing Guidance Without Changing Requirements-Can We Make an Impact? *Workplace Health Saf.* 2016 Dec;64:596–602, <http://dx.doi.org/10.1177/2165079916657831>.
9. Roberge R, Niezgoda G, Benson S. Analysis of forces generated by n95 filtering facepiece respirator tethering devices: a pilot study. *J Occup Environ Hyg.* 2012;9:517–23, <http://dx.doi.org/10.1080/15459624.2012.695962>.
10. Bergman MS, Viscusi DJ, Zhuang Z, Palmiero AJ, Powell JB, Shaffer RE. Impact of multiple consecutive donning on filtering facepiece respirator fit. *Am J Infect Control.* 2012;40:375–80, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajic.2011.05.003>.
11. Vuma CD, Manganyi J, Wilson K, Ress D. The Effect on Fit of Multiple Consecutive Donning and Doffing of N95 Filtering Facepiece Respirators. *J Ann Work Expo Health.* 2019;63:930–6, <http://dx.doi.org/10.1093/annweh/wxz060>.
12. Rebmann T, Crrico R, Wang J. Physiologic and other effects and compliance with long-term respirator use among medical intensive care unit nurses. *Am J Infect Control.* 2013;41:1218–23.
13. Brady T, Strauch AM, Almaguer CM, Niezgoda G, Shafer RE, Yorico PL, et al. Transfer of bacteriophage MS2 and fluorescein from N95 filtering facepiece respirators to hands: Measuring fomite potentia. *J Occup Environ Hyg.* 2017;14:898–906, <http://dx.doi.org/10.1080/15459624.2017.1346799>.
14. Rengasamy AN, Zhuang Z, BerryAnn R. Respiratory protection against bioaerosols: Literature review and research needs. *Am J Infect Control.* 2004;32:345–54, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajic.2004.04.199>.
15. Mills D, Harnish DA, Lawrence C, Sandoval-Power M, Heimbuch BK. Ultraviolet germicidal irradiation (UVGI) of influenza-contaminated N95 filtering facepiece respirators. *Am J Infect Control.* 2018;46:e49–55, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajic.2018.02.018>.
16. Lindsley WG, Martin SB, Thewlis RE, Sarkisian K, Nwoko JO, Mead KR, et al. Effects of Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI) on N95 Respirator Filtration Performance and Structural Integrity. *J Occup Environ Hyg.* 2015;12:509–17, <http://dx.doi.org/10.1080/15459624.2015.1018518>.
17. Lore MB, Heimbuch BK, Brown TL, Wander JD, Hinrichs SH. Effectiveness of three decontamination treatments against influenza virus applied to filtering facepiece respirators. *Ann Occup Hyg.* 2012 Jan;56:92–101, <http://dx.doi.org/10.1093/annhyg/mer054>.
18. Heimbuch BK, Kinney K, Lumley AE, Harnish DA, Bergman M, Wander JD. Cleaning of filtering facepiece respirators contaminated with mucin and *Staphylococcus aureus*. *Am J Infect Control.* 2014;42:265–70, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajic.2013.09.014>.
19. Fisher EM, Williams JL, Shaffer RE. Evaluation of microwave steam bags for the decontamination of filtering facepiece respirators. *PLoS One.* 2011;6:e18585, <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0018585>.
20. Salter WB, Kinney K, Wallace WH, Lumley AE, Heimbuch BK, Wander JD. Analysis of Residual Chemicals on Filtering Facepiece Respirators After Decontamination. *J Occup Environ Hyg.* 2010;7:437–45, <http://dx.doi.org/10.1080/15459624.2010.484794>.