


## PROCESO DE DESINFECCIÓN Y RECICLAJE DE TAPABOCAS A BASE DE POLIPROPILENO PARA POSIBLES APLICACIONES INDUSTRIALES

DESINFECTION AND RECYCLING PROCESS OF POLYPROPYLENE BASED CAPS FOR POSSIBLE INDUSTRIAL APPLICATIONS

Fecha de Recepción : 30/11/2021  
Fecha de Aprobación : 10/12/2021  
Fecha de Publicación : 06/06/2022

DOI: <https://doi.org/10.26495/icti.v9i1.2163>

 Jesús Ricardo Castro Caballero<sup>1</sup>



### Resumen

El aumento de la producción de tapabocas a base de materiales poliméricos a raíz de la expansión del virus Covid -19 en el mundo, ha generado un incremento en la contaminación ambiental y visual, debido a la falta de cultura y de diferentes alternativas de reciclaje y reutilización de estos elementos de protección personal fabricados a base de polipropileno. En este artículo de investigación se pretende dar a conocer un proceso de desinfección y reciclaje de los tapabocas; con el fin de establecer un procedimiento de desinfección eficiente que seguridad para iniciar la manipulación y reciclaje de un tapabocas usado; para luego si lograr revisar y analizar las propiedades físico-químicas del material reciclado para luego realizar posibles aplicaciones de tipo industrial. Para este proceso de desinfección, se realizó un estudio químico y pruebas de laboratorio, con el fin de eliminar diferentes contaminantes de Riesgo Biológico como; lo son Bacterias y Hongos que puedan afectar la salud de quienes deseen realizar la manipulación directa de los tapabocas reciclados; para confirmar la esterilización del material e iniciar a realizar el reciclaje y reutilización del polipropileno obtenido en los tapabocas. Con este proceso de desinfección y reciclaje se pretende dar a conocer una nueva alternativa de reciclaje de los tapabocas enfocados en minimizar y reducir la contaminación ambiental y visual que se está generando actualmente; por parte de la población que utilizan a diario este elemento de protección personal; con el fin de mitigar el riesgo por contagio directo por Covid-19.

**Palabras Clave:** Desinfección, Reciclaje, Polipropileno, Contaminación, Tapabocas.

### Abstract

The increase in the production of face masks based on polymeric materials as a result of the spread of the Covid -19 virus in the world, has generated an increase in environmental and visual pollution, due to the lack of culture and different alternatives for recycling and reuse of these personal protection elements made from polypropylene. This research article aims to present a disinfection and recycling process for face masks; in order to establish an efficient and safe disinfection procedure to initiate the handling and recycling of a used mask; for later if to manage to review and analyze the physical-chemical properties of the recycled material and then carry out possible industrial applications. For this disinfection process, a chemical study and laboratory tests were carried out, in order to eliminate different contaminants of Biological Hazard such as; They are Bacteria and Fungi that can affect

<sup>1</sup> Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de Pamplona, Pamplona – Norte de Santander, Colombia, [Jesus.castro4@unipamplona.edu.co](mailto:Jesus.castro4@unipamplona.edu.co)

the health of those who wish to directly manipulate recycled masks; to confirm the sterilization of the material and to start recycling and reusing the polypropylene obtained in the face masks. With this disinfection and recycling process, it is intended to present a new alternative for recycling face masks focused on minimizing and reducing the environmental and visual pollution that is currently being generated; by the population who use this element of personal protection on a daily basis; in order to mitigate the risk of direct contagion by Covid-19.

Keywords: Disinfection, Recycling, Polypropylene, Pollution, Mask.

## **1. Introducción**

Con la problemática de salud pública que vive actualmente el mundo y nuestro país a raíz de la propagación del virus Sar-Covid -19, se ha visto un incremento notable en el uso constante de tapabocas como medida de protección y prevención para la propagación de este virus por parte de la población en general. Esta problemática ha generado un aumento en el consumo y un aumento en la producción de estos elementos de protección producidos a base de materiales de polipropileno. Según los reportes Organización Mundial de la Salud (OMS), ha catalogado los tapabocas durante toda la pandemia como una prenda de vestir más, que actúa fundamentalmente como agente de prevención directo minimizando el contagio y la propagación del virus. Según la organización Mundial de la Salud (OMS) en su informe epidemiológico 2020, en el mundo se estima que se producen alrededor de 35 millones de tapabocas al día o más de 7.000 millones por año, de los cuales se consumen alrededor de 3 tapabocas diarios por persona, los cuales deben estar elaborados por tres capas de un material con recubrimiento en polipropileno, donde la capa del interior en contacto con la boca debería ser de algodón absorbente con un filtro de protección y la capa intermedia y de exterior deben ser de polipropileno o de algún tipo de poliéster resistente a la humedad.

El aumento de la producción industrial de tapabocas a base de materiales poliméricos a raíz de la expansión del virus Covid -19, ha generado un incremento en la contaminación ambiental y visual por parte de las personas que usan a diario este tipo de material y que una vez pierde su ciclo de vida; no se cuenta con una alternativa de reciclaje y reutilización del material polimérico que se utilizan en la elaboración del mismo y que lleve a generar un impacto positivo al medio ambiente por medio de una propuesta o cultura de reciclaje que ayude a reutilizar estos materiales una vez son usados. Con el aumento en la producción y uso continuo de los tapabocas a base de material de polipropileno, se aumentó también la contaminación ambiental y visual que deja el uso de este elemento de protección; una vez las personas consideran que perdió su funcionalidad o vida útil; generando una falta de cultura en nuestra sociedad basada en el reciclaje de un material polimérico; el cual ha ocasionado que cada día veamos gran cantidad de tapabocas arrojados en condiciones anti -higiénicas en diferentes partes de las ciudades afectando y contaminando el ecosistema terrestre, la zonas verdes e incluso el recuero hídrico del país.

Para reciclar y reutilizar los tapabocas para posibles aplicaciones industriales se procedió a realizar el proceso de desinfección del material de polipropileno utilizado para la elaboración de tapabocas; por medio de la recolección de una muestra aleatoria de 500 tapabocas reciclados; con el fin de realizar una adecuado proceso de esterilización de Hongos, Bacterias para luego proceder a realizar una separación de materiales y así poder analizar las propiedades físico- Químicas del polipropileno reciclado, para luego proceder a utilizar técnicas de termo conformado de materiales poliméricos para la elaboración de nuevos productos de tipo industrial. Con este procedimientos de desinfección para proponer diferentes alternativas de producción industrial basadas el reciclaje de tapabocas a base de polipropileno, se pretende contribuir con el impacto negativo y la contaminación directa del medio ambiente que genera los compuestos de este material y así también contribuir con las políticas y pilares del desarrollo sostenible en nuestro país y en el mundo; de proponiendo un proceso de desinfección que posibilite nuevas alternativas de reciclaje y desinfección de los Tapabocas utilizados para posibles aplicaciones de tipo industrial.

## 2. Material y métodos

Para realizar el procedimiento de desinfección de inicio con la recolección e identificación de la muestra de tapabocas que se requerían para la investigación. La recolección se realizó por medio de un contenedor donde se recolectaron más de 500 tapabocas usados por diferentes familias y profesionales de la salud, además, de algunos recolectados en algunos puntos como parques y zonas verdes. Para la obtención de la muestra se calculó un tiempo estipulado de aproximadamente el equivalente de tres meses; en el cual por cada mes se recolectaron el equivalente a ciento setenta (170) tapabocas por mes para así obtener la cantidad requerida. Una vez se estableció la muestra objeto de estudio se procedió a iniciar con el proceso de desinfección de los tapabocas el cual inicio roseando los tapabocas con solución de Etanol-  $C_2H_5OH$ , dejándolo actuar por treinta minutos cinco minutos aproximadamente, este líquido incoloro que actúa como agente de desinfección y eliminación de bacterias y hongos con el fin de evitar y prevenir contagio algún agente de riesgo biológico durante la manipulación de la muestra para el análisis del material de polipropileno reciclado.

### Figura 1

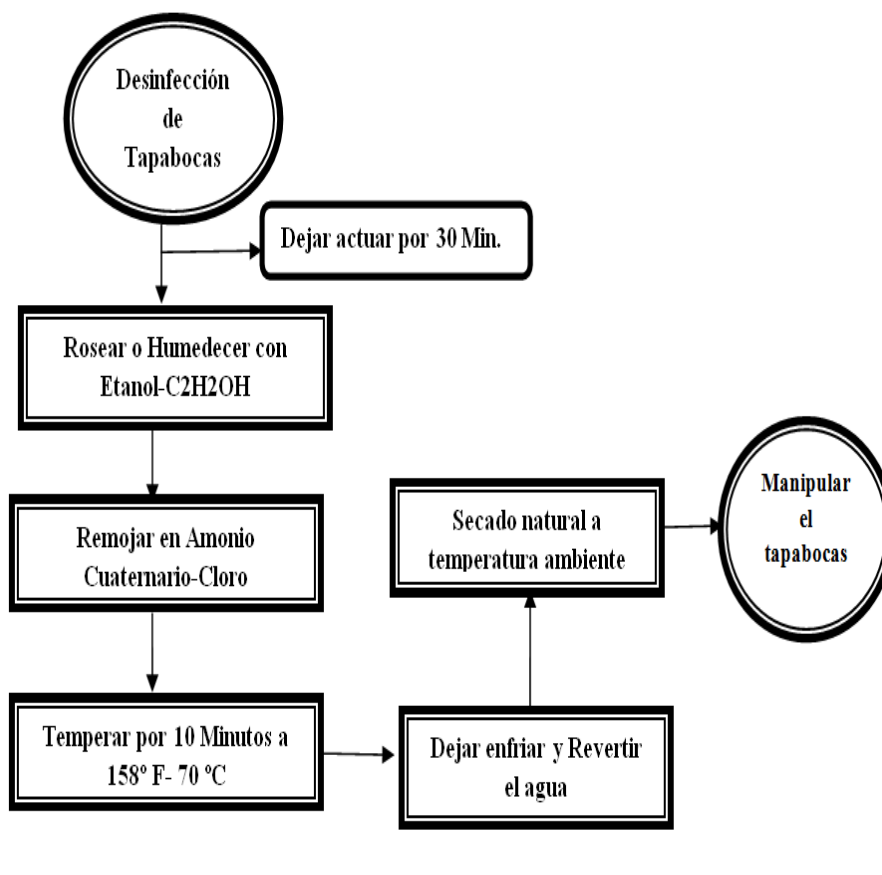
*Desinfección del Tapabocas reciclado, remojado en Etanol-  $C_2H_5OH$ , con el fin de eliminar Bacterias y Hongos agentes de Riesgo biológico.*



Luego se dio continuidad con el proceso de desinfección remojando los tapabocas en Etanol-  $C_2H_5OH$ , se procedió se a remojarse la muestra en amoníaco cuaternario y cloro durante 12 horas, con el fin de obtener una eficiencia en el proceso de desinfección. Aunque según los estudios de la Organización Mundial de la Salud, en los cuales afirma que los tapabocas no adquieren o transmiten ningún tipo de virus presente en el ambiente; se consideró importante es importante realizar un proceso de temperado al calentar por 10 minutos a  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  la muestra de los tapabocas; con el fin de obtener una esterilización y desinfección completa de la muestra, para luego de este proceso realizar un enfriamiento y secado natural; con el fin de realizar los respectivos análisis y pruebas de laboratorio para corroborar la eficiencia en el procesos de desinfección realizado.

**Figura 2**

*Proceso de desinfección de los tapabocas reciclados, con amonio cuaternario – cloro – temperado – secado natural para esterilización directa del material*



Una vez realizado el proceso de desinfección de los tapabocas se estableció las respectivas pruebas de laboratorio; con el fin de determinar que los tapabocas no se encontraran contaminados de bacterias, hongos o agentes de riesgo biológico nocivos para la manipulación directa. Las pruebas de laboratorio estuvieron basadas en el análisis de microorganismos Mesofilicos, Moliformes, Mohos- hongos y levaduras como se ilustra en la siguiente tabla:

**Tabla 1**

*Resultados de laboratorio de Hongos y Bacterias de los tapabocas desinfectados*

Parámetros	Reporte de resultados			Fecha de ensayo
	Procedimiento	Resultado	Unidades	
Microorganismos Mesofilicos	S.M. 9215 B Ed.23	320	UFC/ml	2021-11-09
Coliformes totales	S.M. 9222 J Ed.23	0	UFC/1ml	2021-11-09
Coliformes fecales	S.M. 9222 J Ed.23	0	UFC/1ml	2021-11-09
Mohos y levaduras	Recuento en Placa	440	UFC/1ml	2021-11-09

Nota: Laboratorio Qumiproyectos S.A.S, Santander – Colombia - 2021

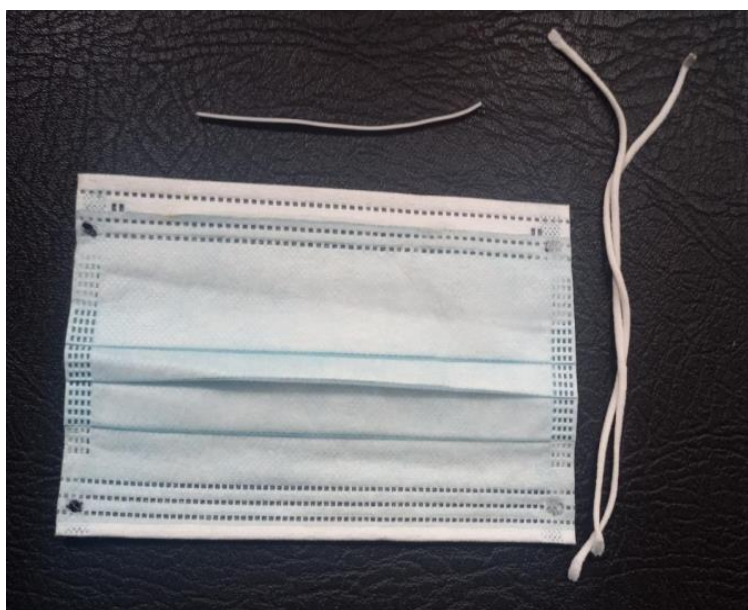
En este análisis de laboratorio se realizó de forma aleatoria tomando una parte de la muestra; para luego revisar que tipos de microorganismos y bacterias presentaban después de este proceso de desinfección.

En esta prueba bacteriológica se utilizó un microscopio; el cual identifica agentes directos de contaminación, los cuales se les realiza en las diferentes pruebas de desinfección de materiales medico quirúrgicos en los respectivos análisis bacteriológicos. Después de realizar la adecuada desinfección de los tapabocas y concretar que el proceso de desinfección fue en relación con las variables de desinfección e higiene, se procede a elaborar separación de la muestra, a partir del polipropileno reciclado, para luego pasar a realizar un estudio de las propiedades físico- química del material de polipropileno obtenido y así lograr con las medidas de protección necesarias proponer diferentes alternativas y transformaciones industriales para nuevos productos o recubrimientos de materiales a base de polipropileno.

Para la preparación de la muestra se procede a realizar un procedimiento de separación de tres componentes fundamentales de los Tapabocas; (1) se procedió a retirar el soporte nasal el cual está compuesto por un alambre metálico recubierto por un aislante de plástico; (2) seguido a esto se retiraron las cintas o elásticos que cumplen con la función de sujetar y ajustar el Tapabocas a las facciones de la cara de quien lo esté usando; (3) finalmente se separa el material o tela de protección la cual es la materia prima a base de polipropileno para realizar los diferentes análisis de reciclaje y reutilización como se muestra en la siguiente gráfica:

### Figura 3

*Proceso manual de separación del polipropileno reciclado en los tapabocas. (1) Soporte metálico con revestimiento plástico, (2) tirantes o cintas elásticas de soporte, (3) tela a base de polipropileno de recubrimiento oral*



Este proceso de desinfección de los tapabocas se realiza con el fin de continuar con el análisis y reciclaje del polipropileno por medio de un proceso de trituración y molienda, con el fin de realizar una disminución del tamaño, hasta el punto de obtener un material con dimensiones uniformes que permita un fácil ingreso a la inyectora y posterior a esto realizar un fundido dentro del husillo de la inyectora de plásticos. Una vez finalizado el proceso por inyección se procede a desmontar el material fundido para realizar las respectivas mediciones y pruebas mecánicas y térmicas teniendo en cuenta las técnicas para ensayos del material reciclado de los tapabocas. Una vez identificadas las propiedades mecánicas y térmicas del polipropileno reciclado de los tapabocas, se puede proceder a proponer diversas alternativas de aplicación y reutilización de este material para posible elaboración de procesos productivos del sector industrial, que minimicen el impacto negativo que genera la contaminación directa de este tipo de producto para el medio ambiente.

Por medio de la identificación de las características del material industrial reciclado; el cual se puede lograr transformar y reutilizar a partir de diferentes procesos industriales del polipropileno, se identificaron que las propiedades y características cambian según la longitud de las cadenas de polímeros encontradas presentan sus mismas propiedades luego de ser reciclado del proceso de reciclaje y desinfección de los tapabocas, lo cual genera una alternativa para ser producir diferentes productos como lo son: envases plásticos, juguetes, mangos para herramientas, aislantes, bolsas, alfombras entre otros derivados de los materiales a base de polipropileno.

### **3. Resultados**

En esta investigación basada en la desinfección y reciclaje de tapabocas producidos a base de polipropileno para posibles aplicaciones de tipo industrial de este material, se logró establecer un procedimiento eficaz para la desinfección de los tapabocas reciclados; el cual demostró que este tipo de elementos que usamos con frecuencia desde que inicio la pandemia puede pasar por un proceso de desinfección y reciclaje con Etanol  $C_2H_5OH$  y amonio cuaternario que mediante un proceso de temperado permite reutilizar las cadenas de polipropileno recicladas. Este procedimiento de desinfección genera confiabilidad para realizar una manipulación y separación directa de los partes a reciclar de los tapabocas; proponiendo nuevas alternativas de reutilización de un polímero que actualmente por la pandemia sigue en demanda y que la reutilización del este elemento de protección personal beneficiaría directamente al medio ambiente una vez que este producto pierde su ciclo de vida y funcionalidad.

### **4. Discusión**

Con este proceso de desinfección y reciclaje de los tapabocas se espera ilustrar al sector empresarial e industrial de un nuevo conocimiento basado en el reciclaje del polipropileno presente en los tapabocas, con el fin de promover el reciclaje y la reutilización de las propiedades físico químico que caracterizan a este tipo de material polimérico, abriendo una visión para diversas alternativas e investigaciones enfocadas en posibles procesamientos y aplicaciones de tipo Industrial. Con este proceso de reciclaje del Polipropileno presente en los tapabocas para luego proceder a realizar posibles procesamientos de tipo industrial; tiene un beneficio positivo para el medio ambiente y enfocados en el cumplimiento de los pilares del desarrollo sostenible a nivel mundial; debido a que este estudio de investigación contribuye con la minimización del impacto ambiental y visual que estamos viviendo hoy en día por la pandemia; debido a la falta de cultura, políticas y procedimientos enfocados en el desecho y reciclaje por la sobreproducción y consumo diario de los tapabocas; contribuyendo así con nuevas alternativas de reciclaje que ayuden a disminuir la contaminación ambiental y visual que genera la industria de los Polímeros en nuestro País y en América Latina.

### **5. Conclusiones**

Con esta investigación se espera contribuir con un nuevo conocimiento basado el proceso de desinfección y reciclaje del material de polipropileno presente en los tapabocas; con el fin de demostrar y proponer al sector industrial el reciclaje de este elemento de protección personal además, de nuevas alternativas de producción industrial que minimicen y mitiguen el impacto ambiental negativo que está generando la producción de este tipo de residuo y que con la pandemia se ha visto incremento notablemente. Con este procedimiento de reciclaje y reutilización que se le puede brindar a los tapabocas una vez pierden su funcionalidad o ciclo se establece también diferentes alternativas de reciclaje y reutilización del polipropileno que permita a las empresas del sector industrial y la sociedad en general contar con un procedimiento para la desinfección y reciclaje del polipropileno; para luego proponer diferentes alternativas de utilización las cuales pueden estar dirigidas a nuevos productos



plásticos como juguetes, recipientes plásticos, mangos o agarres de herramientas manuales entre otras aplicaciones útiles para la industria.

## 6. Referencias

- A. Álamo, P., Calvo Martín, F. J., Rodríguez, J. F., & Ramos Criado, P. A. *Residuos: Alternativas de Gestión*. Salamanca (España): Universidad salamanca. P 153 -164. Febrero (2003).
- Battelle, 2016. Final Report for the Bioquell Hydrogen Peroxide Vapor (HPV) Decontamination for Reuse of N95 respirators. FDA, U.S. FOOD&DRUG, ADMINISTRATION. Available on 9th April 2020 at <https://www.fda.gov/media/136386/download>
- Bessesen, M.T., Adams, J.C., Radonovich, L., Anderson, J., 2015. Disinfection of reusable elastomeric respirators by health care workers: A feasibility study and development of standard operating procedures. *Am. J. Infect. Control* 43, 629–634. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2015.02.009>
- Card, K.J., Crozier, D., Dhawan, A., Dinh, M., Dolson., Farrokhian, E., Gopalakrishnan, N., Ho, V., King, E., Krishnan, N., Kuzmin, G., Maltas, J., Pelesko, J., Scarborough, J.A., Scott, J.G., Sedor, G., Weaver, D.T., 2020. UV sterilization of personal protective equipment with idle laboratory biosafety cabinets during the Covid-19 pandemic. *MedRxiv*. doi: 10.1101/2020.03.25.20043489.
- Disinfection of Filtering Facepiece Respirators. M Science. Applied to life. Technical Bulletin. Available on 9th April 2020 at <https://www.apsf.org/wpcontent/uploads/news-updates/2020/Disinfection-of-M-Filtering-FacepieceRespirators.pdf>
- Decontamination Methods for M N95 Respirators. M Science. Applied to life. Technical Bulletin. Revision 4. Available on 20th of April 2020 at <https://multimedia.m.com/mws/media/18248690/decontamination-methods-for-m-n95-respirators-technical-bulletin.pdf>
- Garrigou, A., Laurent, C., Berthet, A., Colosio, C., Jas, N., Daubas-Letourneux, V., Jackson Filho, J.M., Jouzel, J.N., Samuel, O., Baldi, I., Lebailly, P., Galey, L., Goutille, F., Judon, N., 2020. Critical review of the role of PPE in the prevention of risks related to agricultural pesticide use. *Saf. Sci.* 123, 104527. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.104527>.
- Gawn, J., Clayton, M., Makison, C., Crook, B. (2008). Evaluating the protection afforded by surgical masks against influenza bioaerosols: gross protection of surgical masks compared to filtering facepiece respirators. Health Safety Executive (HSE). Available on 20th April 2020.
- P. Pineda Gómez, “Estudio del envejecimiento físico en polímero poliestireno por técnicas de análisis térmico”. *Revista colombiana de física*, VOL. 39, 2007.
- M. Ferro Nieto, A. Toledo Arguelles, A. & Cadalso Basadre, “*El envase de polientereftalato: su impacto medio ambiental y los métodos para su reciclado*”. *Revista cuba: universitaria*, Vol. 5 Recuperado 17 de abril de 2015.
- Silvera, “Análisis de la contaminación generada por las botellas de plástico en barranquilla y creación de botellas de papel como producto innovador”. *Revista cultural*. vol10 – Colombia, 2012.
- W. Aperador J. Bautista. E. Delgado, “Evaluación de las propiedades mecánicas de materiales compuestos elaborados a partir de cenizas volantes y polímeros reciclados”. Marzo, 2015.