DEGRADACIÓN

# DE LOS EPI

EN LOS DIFERENTES PROCESOS DE DESINFECCIÓN

Bomberos Ayuntamiento Sevilla

ASAC VERTICAL LAB | CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CERTIFICACIÓN

korda's

**Título:** *Degradación de los EPIS en los diferentes procesos de desinfección*

**Autores del estudio:**

- *Joaquín Castaño responsable del departamento de I+D de Korda´s*
- *Miguel Angel Carranco responsable de formación de altura de Bomberos Ayuntaiento de Sevilla*
- *Curro Martínez responsable de ensayos de Asac Vertical Lab*

**Entidades y empresas que han participado en el estudio:**

- *Korda's*
- *Bomberos Ayuntamiento de Sevilla*
- *Asac Vertical Lab*

**Diseño y Maquetación:** *Asac Vertical Lab*

**Revisión:** *Eva Martos y Kiko López*

**Fotografía de portada:** *Curro Martínez*

**Fotografías, de interior:** *Niccolo Guasti y Curro Martínez*

**Fecha de edición:** *16 de mayo de 2020*

CC BY NC ND

# *degradación*

## DE LOS EPI

### en los diferentes procesos de desinfección

¿Es posible desinfectar nuestros EPI? ¿Puedo hacerlo habitualmente? ¿Qué productos son los más aconsejables? ¿Qué pasa cuando meto una cuerda en la lavadora a 60 °C? ¿y si la meto a 90 °C? ¿Se degrada el material en los procesos de desinfección? ¿Cuánto se degradan?

Fotografía Curro Martínez

Algunas de estas y otras tantas preguntas se nos habrán pasado por la cabeza en no pocas ocasiones y más en esta situación excepcional en la que vivimos, en la que los procesos y protocolos de desinfección frente al SARS-CoV-2 han tomado un gran protagonismo. Vemos cómo muchas organizaciones y entidades de renombre, incluso del mundo de la montaña, hacen hincapié en estos procesos como una solución instantánea para un mundo inmediato, en el que el ya y el ahora no pueden esperar.

### Pero, ¿es esto posible?

Con el objeto de dar una respuesta a esta y a muchas otras preguntas que nos han llegado de todas partes de España, desde Asac Vertical Lab, Korda's y los Bomberos del Ayuntamiento de Sevilla, de la mano de Miguel Ángel Carranco, Joaquín Castaño y Curro Martínez, hemos realizado más de 250 ensayos con la intención de aportar un poco de luz al respecto.

Debemos de entender que la garantía de un producto la otorga el fabricante y, si nosotros aplicamos cualquier producto o realizamos cualquier procedimiento de desinfección que no haya sido avalado por él, perderemos dicha garantía, por lo que los datos que reflejamos a continuación debemos tomarlos simplemente como un aporte más de conocimiento.

#### OBJETO Y CAMPO DEL ESTUDIO

Valorar qué riesgos entraña el uso de cierto tipo de desinfectantes y procesos de desinfección establecidos por el Ministerio de Sanidad, en su aplicación en los Equipos de Protección Individual de carácter profesional y en menor medida en los de carácter deportivo.

#### MUESTRAS DE ENSAYOS SELECCIONADOS PARA EL ESTUDIO

De los diferentes equipos de protección individual que encontramos en el mercado se han seleccionado principalmente 750 metros de cuerda semiestática confeccionada a partir de poliamida, poliéster y de composición híbrida (camisa de poliéster y alma de poliamida, acorde a la norma EN 1891), con diferentes procesos de acabado químico y térmico. En menor medida se han seleccionado otro tipo de productos, como arneses (acorde a las normas EN 358 y EN 813), anillos de cinta de poliamida y de dyneema (EN 566 y EN 795 B) o diferentes tipos de mosquetones de acero y aluminio (EN 362). Todo ello de diferentes fabricantes del mundo deportivo y profesional como Korda's, Camp, Beal, Tendon, Petzl y DMM.

#### DESINFECTANTES QUIMICOS Y PROCESOS DE DESINFECCIÓN ANALIZADOS

En un principio se valoró estudiar sustancias como el cloruro de didecildimetilamonio, el orto-ftalaldhído o compuestos de amonio cuaternario, así como el uso de alcoholes (etanol e isopropanol). Pero finalmente se prefirió estudiar procesos y sustancias de fácil acceso al público en general, de coste admisible y cuya manipulación no fuera excesivamente peligrosa.

Del mismo modo se valoraron otras opciones como la desinfección con ozono y el uso de agua ionizada, pero se desecharon por los mismo motivos que los primeros y por no estar respaldados por protocolos de desinfección del Ministerio de Sanidad.
Así pues, hemos evaluado la respuesta mecánica de los productos textiles y metálicos seleccionados frente a los siguientes dos desinfectantes

*En la imagen superior Miguel Ángel Carranco y Currro Martínez analizando muestras de los ensayos realizados.*

químicos: hipoclorito de sodio y peróxido de hidrógeno.
También hemos analizado el comportamiento mecánico de los productos textiles, en procesos de lavado a máquina sin centrifugado a temperaturas de 60 °C y 90 °C.

## ENSAYOS Y RESULTADOS

De una manera natural, los Equipos de Protección Individual, a la hora de dar pautas genéricas de mantenimiento e inspección, así como de su vida útil, siempre han sido clasificados en dos grandes grupos principalmente: productos metálicos y productos plásticos y textiles.

Pero debemos de entender que, a la hora de explicar el comportamiento o resultado de las tres opciones planteadas anteriormente, la clasificación no es tan sencilla, ni siquiera podríamos clasificarlos en tipos de materiales, como el dyneema o la poliamida. El asunto es pues mucho más complejo, así que vayamos por partes.

*Punto de conexión de aluminio, que evidencia síntomas de corrosión después de haber estado inmerso durante 24 horas en hipoclorito sódico al 3,7%.*

### Procesos de lavado 60 °C

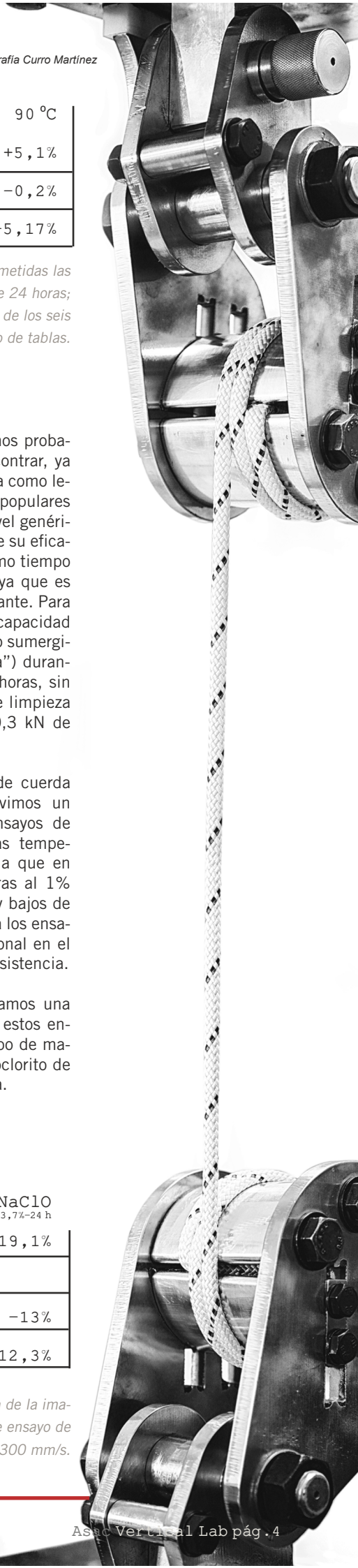
Este proceso es el más sencillo y el más tranquilizador para cualquier fabricante, ya que es el que menos intervención tiene por nuestra parte (y esto es lo que más les gusta), unido a que, una vez que acaba el proceso de lavado, el "ataque" que le estamos haciendo al producto también termina. Esto que parece obvio no ocurre en otros procesos, como la desinfección con hipoclorito de sodio, en el que si no se produce un aclarado abundante del producto, el ataque permanece y sigue deteriorando el EPI.

Aun así, en cualquier proceso de lavado existen dos factores que generan pérdida de resistencia: uno que viene dado solo por el proceso de mojado y secado de sus fibras en especial la poliamida, la cual es muy reactiva con el agua (con pérdidas de resistencia del 1 al 5%, dependiendo del tipo de acabado y tratamiento que esta lleve, aunque este porcentaje disminuye con los ciclos) y otro que obtenemos durante el propio proceso de fricción que se produce durante el lavado. Como consecuencia, tras los diferentes procesos de lavado, obtendremos una cuerda menos resistente mecánicamente, más rígida y que durante su uso tendrá más elongación. En el caso de las cuerdas de poliéster, estas tienen una mejor inercia química en referencia al agua y se comportarán de manera más estable al igual que el dyneema, tanto en pérdida de resistencia como en encogimiento de sus fibras.

### Pero, ¿qué ocurre cuando le aplicamos una temperatura de 60 °C o de 90 °C a nuestras cuerdas?

Nosotros hemos analizado tres conceptos de cuerdas semiestáticas principalmente, cuerdas confeccionadas íntegramente en poliamida, cuerdas híbridas confeccionadas en camisa de poliéster y alma de poliamida, ambas sin ningún tipo de tratamiento térmico, y cuerdas íntegramente de poliamida tratada a altas temperaturas y con aditivos químicos; estas últimas son las que han tenido un comportamiento más estable, tanto en resistencia como en encogimiento de sus fibras, tanto durante los procesos de mojado y secado de la poliamida como durante los procesos de lavado a 60 ºC y 90 ºC, obteniendo un 0% de pérdida de resistencia y un 0,2% en el encogimiento de sus fibras.

En segundo lugar, las que mejor se han comportado han sido las cuerdas fabricadas íntegramente en poliamida, las cuales en los procesos de lavado a 60 ºC tienen un promedio de mejora de un 4,02% en resistencia mecánica y en los de 90 ºC se ha obtenido una mejora mecánica de un 5,1%. Pero, como contrapartida, obtenemos un encogimiento de un 9 y un 13% respectivamente, estos valores representan



Fotografía Curro Martínez

## Lavado a máquina

| | PATRÓN AGUA | 60 °C | 90 °C |
|---|---|---|---|
| CUERDA DE POLIAMIDA | 0% | +4,2% | +5,1% |
| CUERDA DE POLIAMIDA TRATADA | 0% | 0% | −0,2% |
| CUERDA HÍBRIDA | 0% | +13% | −5,17% |

*El patrón agua reprensenta el valor de resistencia de la cuerda una vez de haber sido sometidas las muestras de ensayo a un proceso de inmersión en agua durante 24 horas; los valores reflejados en la tabla son la media obtenida de los seis ensayos realizados para cada uno de ellos; esta información es también válida para el resto de tablas.*

que como resultado tenemos una cuerda con propiedades completamente diferentes a la de antes del proceso de lavado, que se traduce en una mayor rigidez y enlogación durante su uso.

Por último, las cuerdas híbridas son las que menos estables se han mostrado tras el proceso de lavado a 60 ºC. Aunque durante los ensayos obtuvimos un valor de resistencia promedio muy alto (un 13% de ventaja mecánica), también obtuvimos una dispersión de resistencia de 5 kN entre algunos de los diferentes ensayos, como consecuencia de roturas no homogéneas de la camisa y el alma. Este tipo de rotura, cuando se ensaya con mordazas cilíndricas, se entiende como el resultado de que la camisa y el alma no están trabajando de manera uniforme; esto puede entenderse como el resultado de estar confeccionadas de dos fibras, las cuales se comportan de manera inestable entre sí tras el proceso al que han sido sometidas. Esta misma inestabilidad hace que el proceso de lavado a 90 ºC obtengamos pérdidas de resistencia del –5,17%.

Por otro lado, obtenemos porcentajes de pérdida de elongación del 7 y el 9% respectivamente.

Hay que tener en cuenta que estos son solo algunos ensayos en unas cuerdas y modelos muy concretos, por lo que no deberíamos de generalizar.

A nivel teórico, a las cuerdas dinámicas, las cuales no hemos probado, la afectación debería de ser mínima, durante el proceso de lavado a 60 ºC, más allá del propio proceso de secado y mojado de sus fibras que hemos explicado con anterioridad, ya que estas, durante su fabricación, son sometidas a altas temperaturas en presencia de agua.

### Hipoclorito sódico NaClO

Esta es, de las tres opciones que hemos probado, las más económica y fácil de encontrar, ya que en dilución acuosa se comercializa como lejía. Esto hace que sea una de las más populares en los protocolos de desinfección a nivel genérico y existen varios estudios respecto de su eficacia frente al SARS-CoV-2. Pero al mismo tiempo es de las sustancias más peligrosas, ya que es un compuesto químico altamente oxidante. Para que nos hagamos una idea de su alta capacidad destructiva: un mosquetón de aluminio sumergido al 3,7% de hipoclorito (“lejía pura”) durante 24 horas y dejándolo resposar 48 horas, sin haberlo sometido a ningún proceso de limpieza o eliminación de residuos, pierde 10,3 kN de resistencia mecánica.

Para el caso de los tres conceptos de cuerda mencionados anteriormente, solo tuvimos un comportamiento aceptable en los ensayos de cuerda de poliamida tratadas a altas temperaturas y con aditivos químicos, en la que en los procesos de inmersión de 24 horas al 1% de hipocloritos obtuvimos valores muy bajos de pérdida de resistencia (1,2%), frente a los ensayos de cuerda de poliamida convencional en el obtuvimos un 12,4% de pérdida de resistencia.

También en este caso concreto probamos una cuerda íntegramente de poliéster. En estos ensayos pudimos comprobar que este tipo de material es más inerte al ataque del hipoclorito de sodio que sus homólogas de poliamida.

## Hipoclorito sódico

| | PATRÓN AGUA | NaClO 0,1%–10 min | NaClO 1%–24 h | NaClO 3,7%–24 h |
|---|---|---|---|---|
| CUERDA DE POLIAMIDA | 0% | −5,4% | −12,4% | −19,1% |
| CUERDA DE POLIAMIDA TRATADA | 0% | −1,2% | −1,7% | |
| CUERDA HÍBRIDA | 0% | −3,4% | −6,5% | −13% |
| POLIÉSTER | 0% | −1,3% | −4,9% | −12,3% |

*La tabla superior representa 90 ensayos realizados, mediante mordaza cilíndrica como la de la imagen de la derecha, todo bajo los mismos parámetros y condiciones, en una máquina de ensayo de tracción constante, a una velocidad de 300 mm/s.*

Fotografía Niccolo Guasti

*Ensayo de mosquetón simétrico de aluminio a 35 mm/s; después de haber estado sumergido en hipoclorito sódico al 1% durante 24h y dos días de secado sin limpieza, obtuvimos 8,92 kN menos que si lo comparamos con la resistencia nominal de uno nuevo.*

Respecto a las híbridas, como era de esperar, tienen un comportamiento intermedio al estar compuestas por dos fibras, a las que el hipoclorito ataca de manera diferente, pero sin llegar a conseguir valores aceptables de seguridad.

## ¿Y en el caso de los mosquetones?

A los mosquetones, tanto de acero como en acero inoxidable y aluminio, les hemos realizado desinfecciones superficiales con hipoclorito sódico, como las que podemos encontrar en algunos protocolos genéricos del Ministerio de Sanidad (al 0,1%) y no hemos encontrado signos de deterioro ni a nivel mecánico ni a nivel superficial de pérdida de los diferentes recubrimientos que llevan.

Pero en inmersiones de 24 horas al 1% y al 3,7% sí hemos encontrado pérdidas notables de resistencia, especialmente en los mosquetones de aluminio de diseño oval de la fotografía inferior, los cuales, al trabajar la carga de manera solidaria entre la columna principal del mosquetón y la zona del gatillo, se ven mucho más afectados que otro tipo de mosquetones como los de diseño asimétrico.

También hemos podido observar que la pérdida de material del gatillo es muy superior con respecto a la del cuerpo del mosquetón. Esto hace plantearnos que pueda estar fabricado en otro tipo de aleación de aluminio con un mayor porcentaje de cobre, lo cual potenciaría el proceso de corrosión y sería más entendible la diferencia de comportamiento.

Por todo ello, en este tipo de productos, si lo aplicamos bajo la recomendación de algún fabricante, debemos de ser muy consientes de realizar una limpieza posterior en profundidad que elimine todo tipo de residuos y un posterior secado minucioso que evite su corrosión, ya que los cloruros son átomos muy pequeños que penetran en profundidad en las capas pasivas que puedan proteger a los metales, rompiéndolas y aumentando mucho la conductividad del medio, lo que conllevaría una aceleración de la corrosión.

### Peróxido de hidrógeno $H_2O_2$

El peróxido de hidrógeno, también conocido como agua oxigenada, lo elegimos después de ver el fracaso estrepitoso del hipoclorito sódico en algunos de los resultados anteriores y por ser una de las opcio-

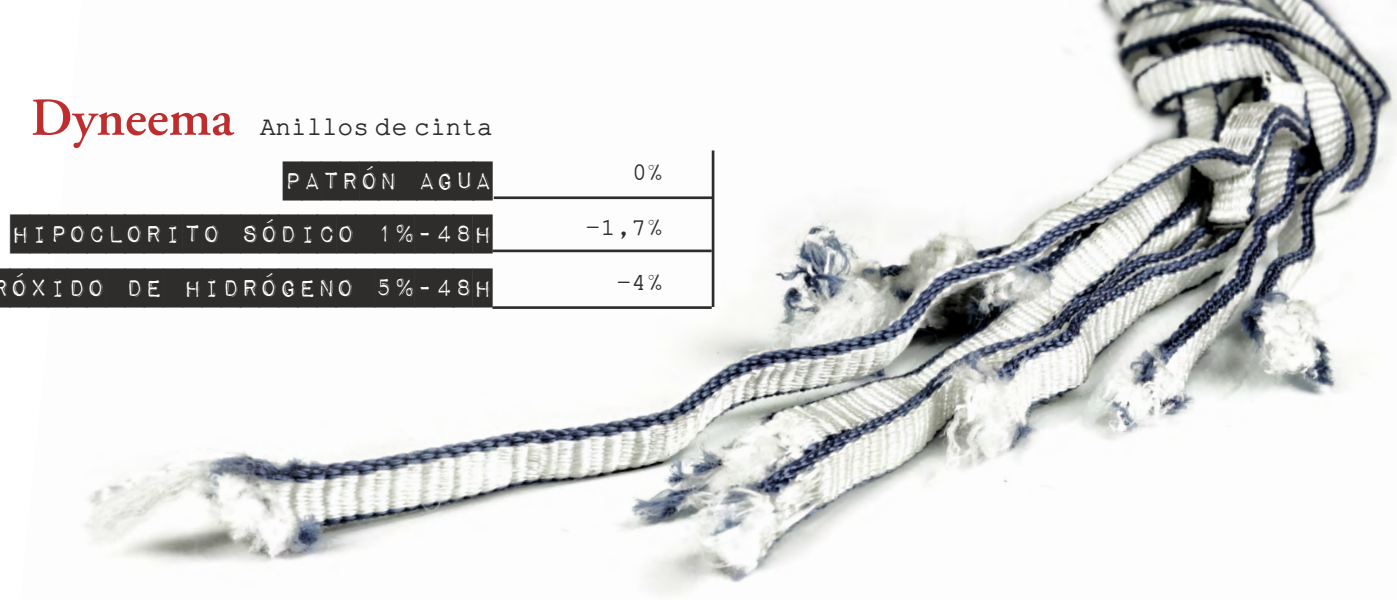
# Inmersión de mosquetones en hipoclorito sódico

*En la imagen inferior podemos apreciar el resultado sobre alguno de los mosquetones analizados en diferentes procesos y porcentajes de inmersión en hipoclorito sódico durante 24 horas y 48 horas de secado sin limpieza, de derecha a izquierda: 3,7%, 1%, 0,5% y 0,1%; el ultimo de la izquierda que podemos ver reflejado en la imagen es un proceso de inmersión al 1% durante cinco minutos con una una posterior limpieza y secado minucioso, el cual no entraña ningún tipo de deterioro. Respecto a la pérdida de resistencia solo se han encontrado signos evidentes en los tres primeros (31,06%, 27,35% y 7,73%).*

Fotografía Niccolo Guasti

## Dyneema Anillos de cinta

| | |
|---|---|
| PATRÓN AGUA | 0% |
| HIPOCLORITO SÓDICO 1%-48H | −1,7% |
| PERÓXIDO DE HIDRÓGENO 5%-48H | −4% |



## Peróxido de hidrógeno

| | PATRON AGUA | $H_2O_2$ 0,5%-10 min | $H_2O_2$ 5%-24 h |
|---|---|---|---|
| CUERDA DE POLIAMIDA | 0% | −0.7% | −19,5% |
| CUERDA DE POLIAMIDA TRATADA | 0% | −1,7% | −2,1% |

*El peróxido de hidrógeno, aunque nos falta comprobar su comportamiento en las cuerdas de poliéster e híbridas, parece ser un buen aliado como desinfectante para los EPI en el que los fabricantes deberían seguir profundizando.*

nes más recomendadas en los protocolos de desinfección del Ministerio de Sanidad, ya que este es un antiséptico general y un desinfectante de alto nivel.

El peróxido de hidrógeno es también relativamente fácil de encontrar en farmacias en composiciones de entre el 3 al 5%. En el mundo de la industria es muy utilizado como blanqueador y se puede encontrar en proporciones más altas (20%, 30%...). Su coste a nivel industrial es muy similar al del hipoclorito sódico.

Los valores obtenidos, como podemos ver en la tabla superior, son muy aceptables en los dos apartados de cuerdas que hemos analizado, aunque también podemos observar que en altas proporciones ataca considerablemente sus fibras, por lo que es una sustancia que se debería manejar con sumo cuidado.

En el caso de las cuerdas de poliéster, aunque no lo hemos probado, entendemos que, a nivel teórico, si el peróxido de hidrógeno y el hipoclorito sódico son dos oxidantes y el peróxido se ha comportado de manera menos agresiva en todos los conceptos de cuerdas de poliamida, debería, al igual que el hipoclorito, comportarse mejor frente al poliéster.

El peróxido de hidrógeno nos parece que es, dentro de las sustancias químicas, una solución muy interesante de la que hasta ahora no se habían aportado datos ni había sido recomendada por ningún fabricante. Si lo comparamos con algunos estudios o datos que nos aportan ciertos fabricantes sobre el isoporopanol o el etanol, estaría aproximadamente al mismo nivel que estos, con la ventaja de ser menos peligrosa su manipulación y mucho más económico y accesible.

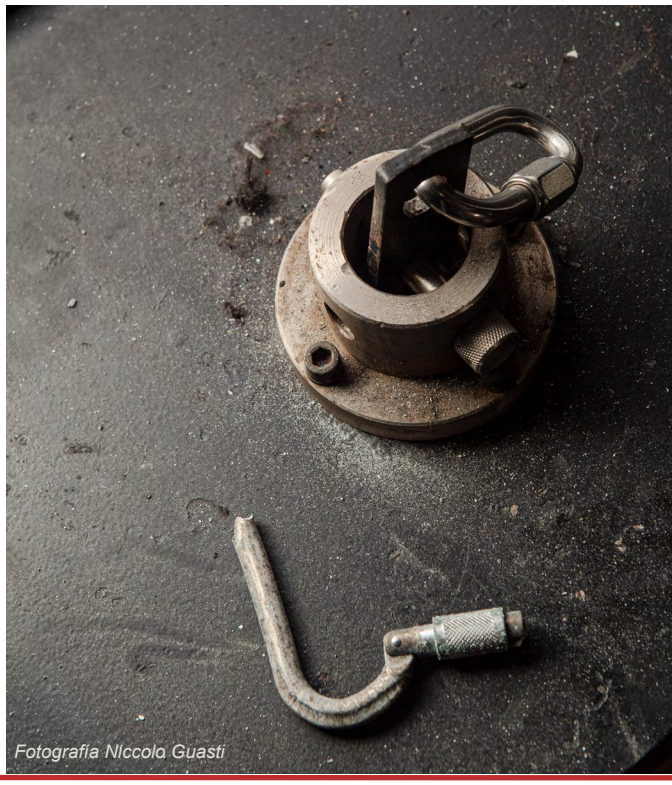
### CONCLUSIONES

Como hemos podido observar a lo largo de este artículo, hemos sido muy precisos en algunas cuestiones, pero muy imprecisos en otras, como los productos analizados o los procesos de desinfección recomendados de los cuales no hacemos ningún tipo de mención concreta a lo largo de este texto. Cualquier proceso de desinfección de un producto debe hacerse de la mano de su fabricante, pues los productos y en especial los textiles son muy diferentes entre sí y un usuario final nunca podrá saber con exactitud de qué está hecho el material, qué tipo de tratamientos llevan sus fibras o de qué tipo de fibras está compuesto el producto.

Y no queremos que este texto sirva para que la gente ponga en marcha procesos de desinfección en casa sin contar con la autorización del fabricante.

Finalmente, debemos entender que los procesos de desinfección, exceptuando el de aislar el material, no son la solución definitiva, pues cualquier proceso de desinfección acortara la vida útil del producto entre dos a seis meses, sobre dos meses un lavado normal y sobre los seis los sistemas más agresivos. Por ello, se deberían de entender bien como una acción puntual o bien asumir conscientemente ese coste añadido de de envejecimiento prematuro.

*Autor del texto: Curro Martínez, responsable de ensayos de Asac Vertical Lab.*



*Fotografía Niccolo Guasti*

**Bibliografía consultada:**


https://www.thelancet.com/journals/lanmic/article/PIIS2666-5247(20)30003-3/fulltext

https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMc2004973

http://www.resistenciaantibioticos.es/es/system/files/content_images/recomendaciones_desinfeccion_y_esterilizacion_materiales.pdf

https://www.mscbs.gob.es/en/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov-China/documentos.htm

- https://www.mscbs.gob.es/en/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov-China/documentos/Nota_sobre_el_uso_de_productos_biocidas._27.04.2020.pdf
- https://www.mscbs.gob.es/en/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov-China/documentos/Limpieza_y_Desinfeccion_mascarillas_higienicas_reutilizables_pdf.pdf
- https://www.mscbs.gob.es/en/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov-China/documentos/Residencias_y_centros_sociosanitarios_COVID-19.pdf
- https://www.mscbs.gob.es/en/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov-China/documentos/Procedimiento_limpieza_viaria_COVID-19.pdf
- https://www.mscbs.gob.es/en/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov-China/documentos/Listado_virucidas.pdf

https://www.teufelberger.com/en/products-services/safety-and-rescue-ropes/application-specific-menu-safety-and-rescue-ropes/covid-19-corona-virus-rope-disinfection.html

https://blog-cdn.papertrail.io/wp-content/uploads/2020/04/17101011/EDELRID_Statement_Disinfection_PPE_20200324.pdf

https://www.beal-planet.com/en/how-to-disinfect-beal-textile-ppe/

https://www.maximropes.com/fileadmin/user_upload/Tech_Info/08_Rope_disinfection/20-03-23_Corona_Rope_Disinfection_MAXIM_EN.pdf

https://www.skylotec.com/uk_en/2020/04/rescueclean-s1-from-skylotec-enables-fast-cleaning-of-infectious-ppe/

https://www.kong.it/en/15-download/items/11-documents

https://buckinghammfg.com/wp-content/uploads/2020/04/InspectionCleaning.pdf

https://www.petzl.com/INT/en/Professional/News/2020-4-17/Recommendations-for-disinfecting-your-equipment?utm_source=e-mailing&utm_medium=email&utm_campaign=2020-web-animation&utm_content=news-clean-ppe-EN

https://blog-cdn.papertrail.io/wp-content/uploads/2020/04/17095236/SINGING_ROCK_OFFICIAL_DISINFECTION_PPE_STATEMENT.pdf

https://blog-cdn.papertrail.io/wp-content/uploads/2020/04/30144224/DMM-COVID-19-Gear.pdf