



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE TRABAJO, MIGRACIONES  
Y SEGURIDAD SOCIAL



# Equipos de Protección Individual frente a Nanomateriales

Eva M<sup>a</sup> Hoyas Pablos – CNMP (Sevilla)



Potencial exposición a Nanomateriales en entidades de I+D+i  
Resultados de la encuesta nacional

CNNT (Madrid)  
6 de Noviembre de 2019



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE TRABAJO, MIGRACIONES  
Y SEGURIDAD SOCIAL



# Nanomateriales - EPI

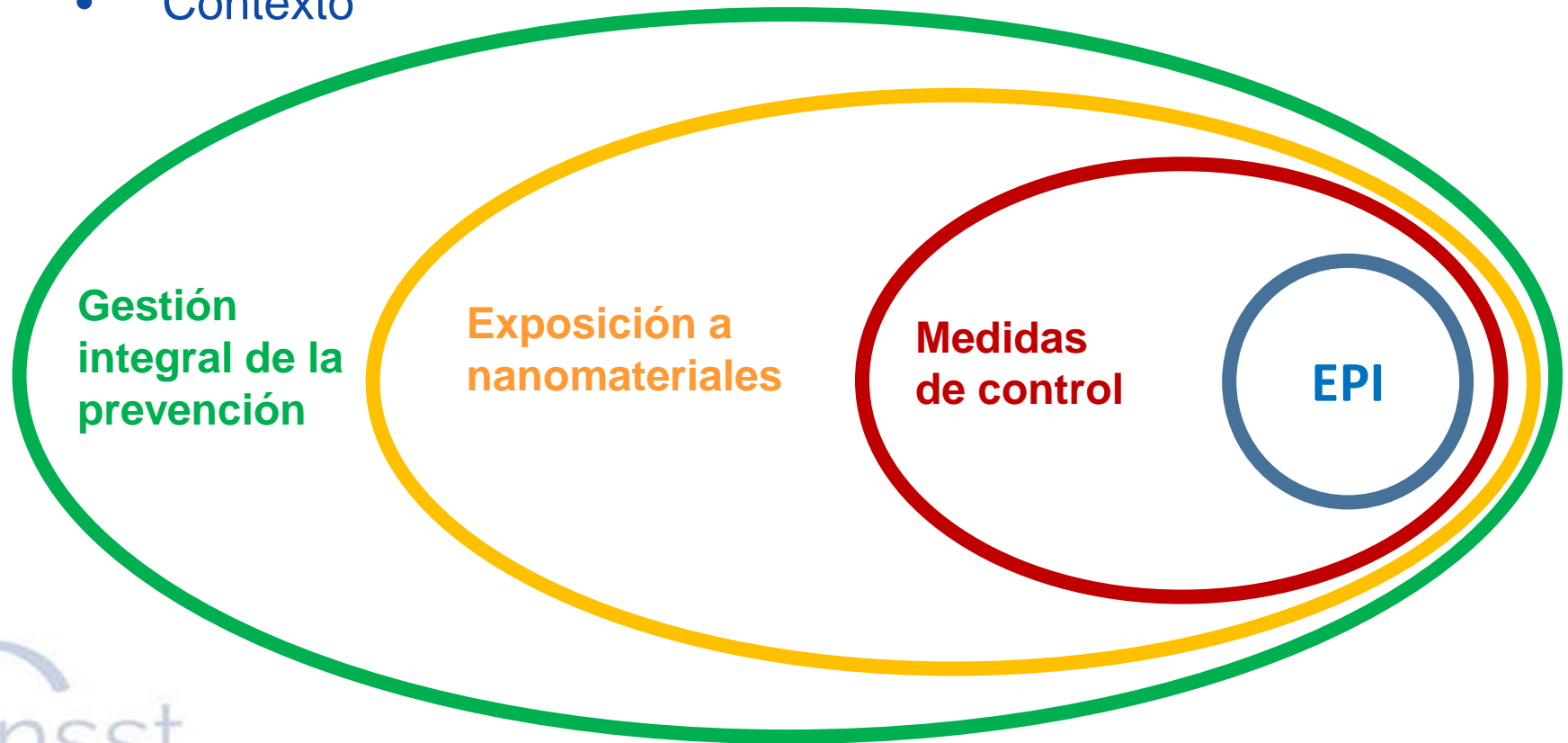
## Índice

- Introducción al uso de EPI
- Eficacia de los EPI: protección respiratoria y dérmica
- Indicaciones sobre la puesta y retirada de EPI
- Conclusiones y recomendaciones



## Introducción al uso de EPI

- Contexto





## Introducción al uso de EPI

- Uso de EPI:
  - ✓ Controles de tipo técnico y organizativo insuficientes
  - ✓ En espera de su implantación
  - ✓ Situaciones de emergencia



## Introducción al uso de EPI

- Legislación:





GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE TRABAJO, MIGRACIONES  
Y SEGURIDAD SOCIAL



# Nanomateriales - EPI

## Normalización en el ámbito EPI y NM





GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE TRABAJO, MIGRACIONES  
Y SEGURIDAD SOCIAL



# Nanomateriales - EPI

## Eficacia de los EPI



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE TRABAJO, MIGRACIONES  
Y SEGURIDAD SOCIAL



# Nanomateriales - EPI

## Eficacia de los EPI

- Diseño-fabricación → Requisitos esenciales de SS



(Normas armonizadas)





## Eficacia de los EPI

- Diseño-fabricación → Requisitos esenciales de SS



(Normas armonizadas)

- Selección → Evaluación de riesgos →

Exposición a  
varios agentes



## Eficacia de los EPI

- Diseño-fabricación → Requisitos esenciales de SS



(Normas armonizadas)

- Selección → Evaluación de riesgos



Exposición a varios agentes

- **Uso** → Instrucciones del fabricante



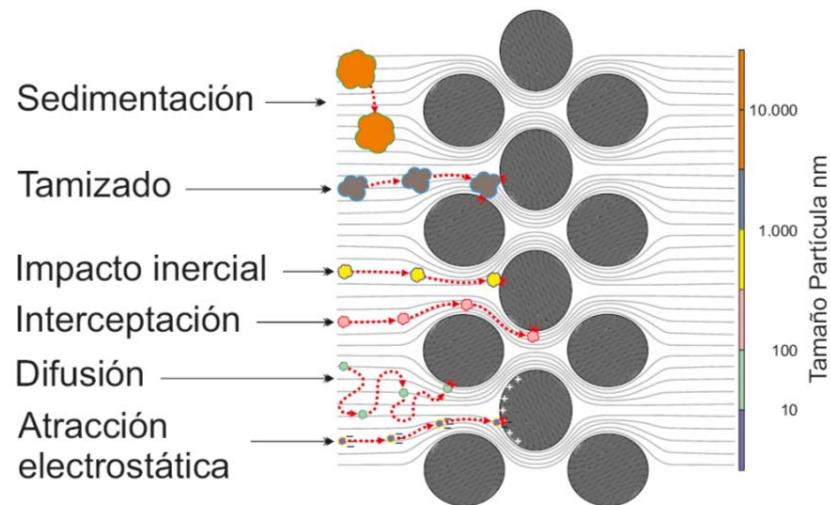
Información

Formación



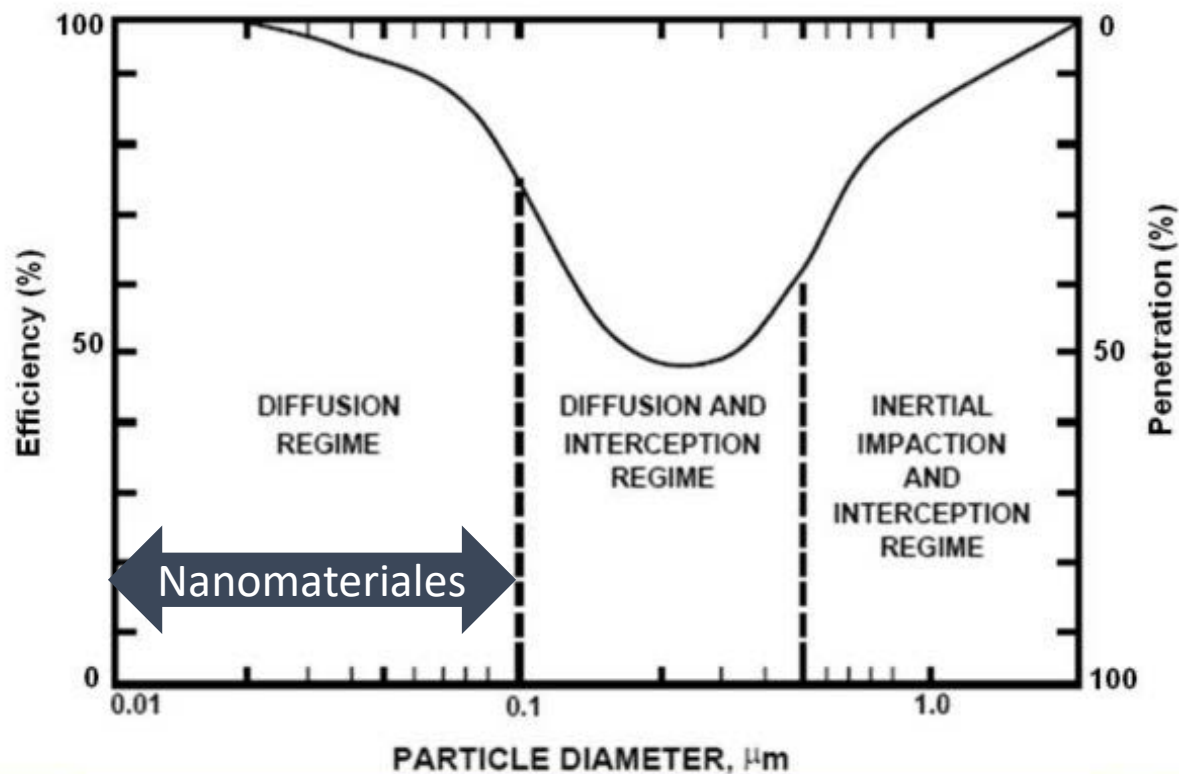
## Eficacia EPI: Protección Respiratoria

- Mecanismos de filtración





## Filtration Theory





GOBIERNO DE ESPAÑA

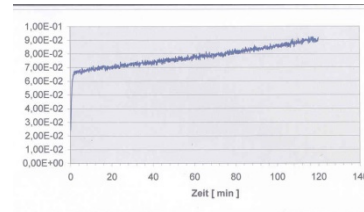
MINISTERIO DE TRABAJO, MIGRACIONES Y SEGURIDAD SOCIAL

Insst

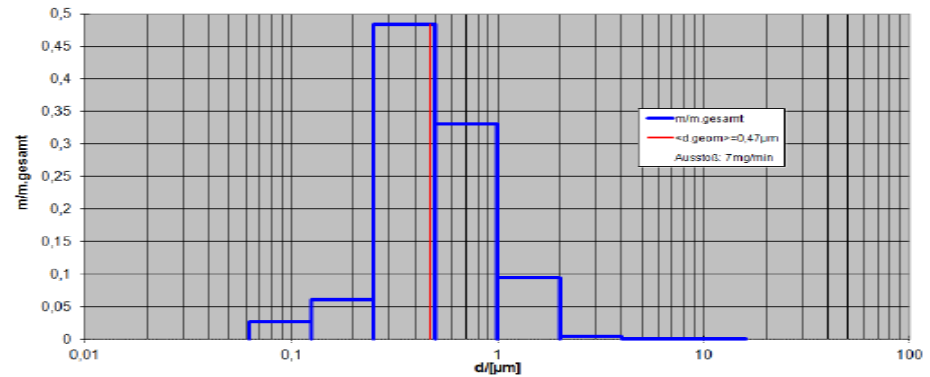
Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo

# Nanomateriales - EPI

## Eficacia EPI: Protección Respiratoria



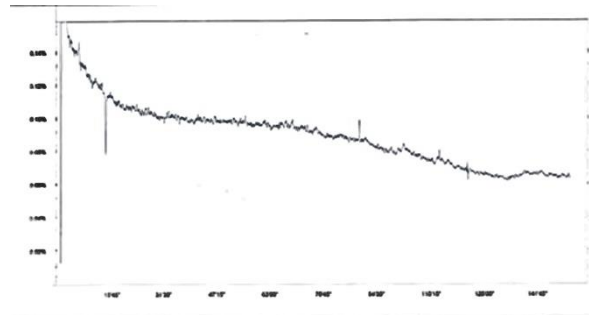
Particle size distribution • AGW no. 411201 / CNMP Sevilla, España  
Parameter: Output 130% • atomizer pressure 5 bar • oil-temp 80 °C • bypass 23 l/min • Measuring no.: G41\_0316-1



Niebla de aceite de parafina



Aerosol de NaCl



Penetracion Máxima % .....: 0.1533

- Ensayos de laboratorio – Penetración de partículas



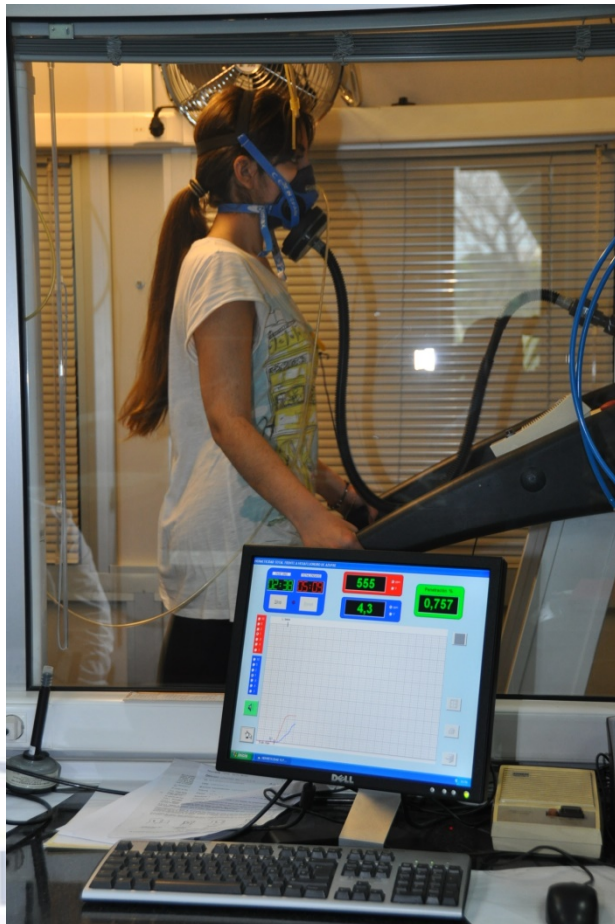
GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE TRABAJO, MIGRACIONES Y SEGURIDAD SOCIAL

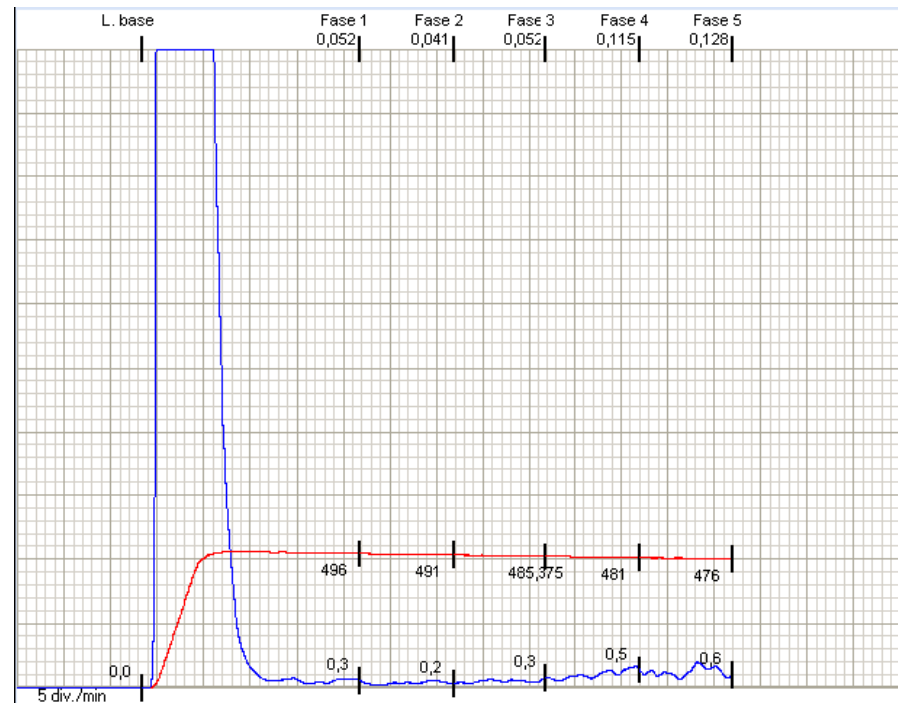
insst  
Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo

# Nanomateriales - EPI

## Eficacia EPI: Protección Respiratoria



- Ensayos de laboratorio - Ajuste



Fuga hacia el interior



## Eficacia EPI: Protección Respiratoria

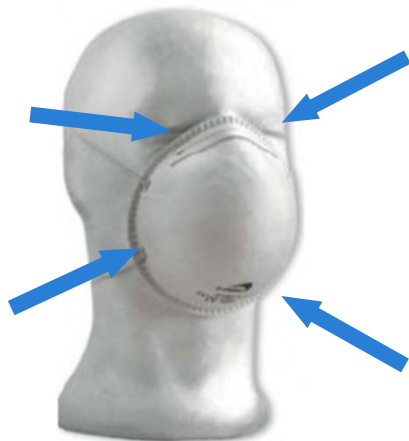
- Mediciones penetración nanotubos de carbono (rango de tamaño respirable) en máscaras autofiltrantes indican penetraciones (0.61–1.08% para N95, 0.24–0.26% para N99 y 0.02–0.025% para P100) menores que las aceptables de estos modelos ( $\leq 5\%$  para N95,  $\leq 1\%$  para N99 y  $\leq 0.03\%$  para P100 FFR), para un caudal constante de 85 LPM<sup>(1)</sup>

(1) Evanly Vo, Ziqing Zhuang, Eileen Birch, Qi Zhao, Matthew Horvatin and Yuewei Liu (2014). Measurement of Mass-Based Carbon Nanotube Penetration through Filtering Facepiece Respirator Filtering Media. Ann. Occup. Hyg., Vol. 58, No. 5, 646–656



## Eficacia EPI: Protección Respiratoria

- Mecanismos de filtración
- Penetración aumenta con el caudal
- Mayor protección con mejor ajuste







## Evaluación del ajuste en piezas faciales herméticas

- Ensayos de ajuste (selección inicial y cambios en usuario)
  - ✓ Ensayos de ajuste **cuantitativos**
  - ✓ Ensayos de ajuste **cuantitativos** (método de conteo de partículas y de presión)



## Evaluación del ajuste en piezas faciales herméticas

- Comprobaciones de ajuste (opinión usuario)
  - ✓ Comprobación de ajuste por **presión negativa**
  - ✓ Comprobación de ajuste por **presión positiva** (masc. autofiltrantes o medias máscaras sin válvulas)



## Eficacia EPI: Protección Respiratoria

- Mediciones fuga facial nanopartículas cargadas negativamente ~40–60 nm no es mayor que fuga facial para mayor distribución de partículas cargadas y no cargadas de 20 a > 1,000 nm<sup>(2)</sup>

(2) Ziqing Zhuang , Michael S. Bergman , Benjamin C. Eimer & Ronald E. Shaffer (2013) Laboratory Faceseal Leakage Evaluation of N95 Filtering Facepiece Respirators Against Nanoparticles and “All Size” Particles, Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 10:9, 496-504



## Eficacia EPI: Ropa y Guantes de Protección

- Ensayos para determinar la resistencia de los materiales y los diseños de los EPI frente a:

- ✓ Permeación
- ✓ Degradación
- ✓ Penetración
- ✓ Penetración
- ✓ Penetración
- ✓ Fugas



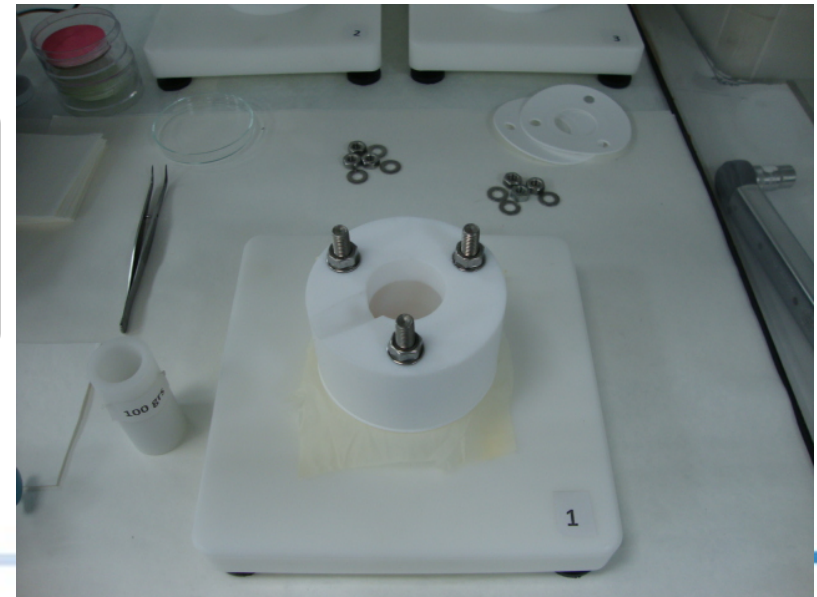
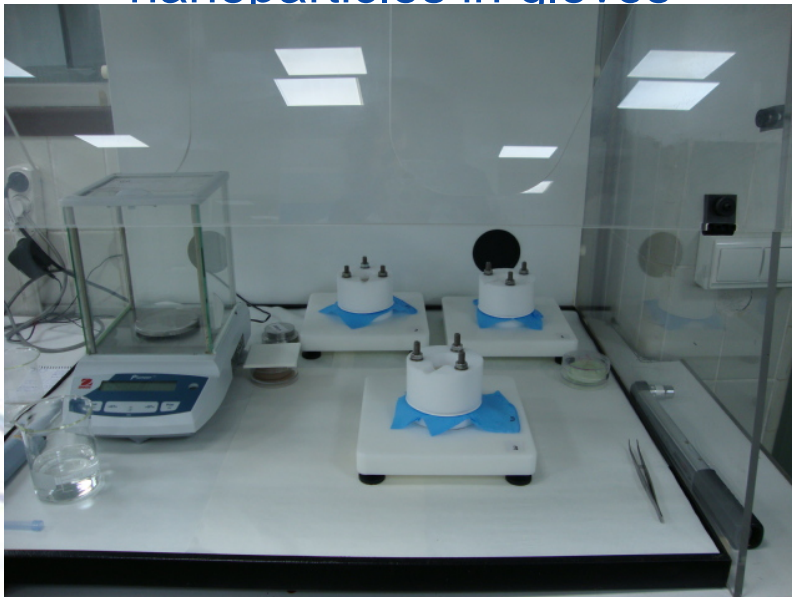


## Evaluación de la eficacia dentro del Proyecto NANORISK

NANORISK



- **Ámbito de la Protección Dérmica – Guantes**
  - ✓ **Protective Clothing. Procedure to determination of permeation to nanoparticles in gloves**





## Eficacia EPI: Ropa y Guantes de Protección

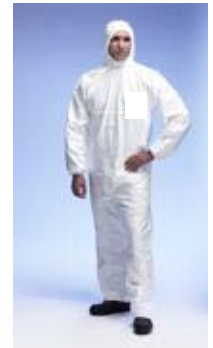
- Materiales de ropa de protección no tejidos sometidos a deformaciones mecánicas<sup>(3)</sup>:
  - ✓ Se han detectado niveles de eficiencia del 99% frente a la penetración de nanopartículas (CINa, 14 - 400 nm)
  - ✓ Tipo formado por estructura de tres capas (enlazada, derretida y enlazada – denominado SMS) fue la mejor opción para proteger a los trabajadores, proporcionando buena protección y transpirabilidad
  - ✓ Las deformaciones mecánicas no tuvieron efecto significativo en la eficiencia

(3) Ben-Salah, M.; Hallé, S.; Tuduri, L. (2016). Efficiency of five chemical protective clothing materials against nano and submicron aerosols when submitted to mechanical deformations. *J. Occup Environ Hyg.*, v. 13 n. 6, pp. 524-433.



## Eficacia EPI: Ropa y Guantes de Protección

- Se han detectado niveles de penetración de nanopartículas del 8,5% (CINa polidisperso) en trajes Tipo 5, debido a presencia de costuras y cremalleras<sup>(4)</sup>, pudiendo llegar hasta el 90%.
- Se ha detectado paso de nanopartículas de Au a través de guantes de nitrilo cuando se aplica deformación a las muestras de material<sup>(5)</sup>.



(4) L. Vinches, S. Hallé. (2017). Resistance of Type 5 chemical protective clothing against nanometric airborne particles: Behavior of seams and zipper. J. Occup Environ Hyg., 14 (12), 939-946.

(5) L. Vinches, M. Zemzem, S. Hallé, C. Peyrot, K. J. Wilkinson, N. Tufenkji. (2017). An improved experimental methodology to evaluate the effectiveness of protective gloves against nanoparticles in suspension. J. Occup Environ Hyg., 14 (7), D95-D101.



## Eficacia de los EPI

- Diseño-fabricación → Requisitos esenciales de SS



(Normas armonizadas)

- Selección → Evaluación de riesgos



Exposición a varios agentes

- **Uso** → Instrucciones del fabricante



Información

Formación





## Colocación y retirada de EPI

- Colocación del conjunto
  - ✓ Quitarse todos los efectos personales como reloj, pendientes, cadenas, teléfono móvil, bolígrafo, etc.). Recogerse el pelo si se lleva largo y suelto
  - ✓ Reunir todos los EPI e inspeccionarlos
  - ✓ Ponerse los cubrebotas
  - ✓ Ponerse los guantes desechables



## Colocación y retirada de EPI

- Colocación del conjunto (cont.)
  - ✓ Ponerse el mono, sin ponerse la capucha en caso de que la tenga. Los puños del mono quedarán por encima del guante. Si es necesario, se sellarán con cinta los puños a los guantes (doblar el extremo)
  - ✓ Ponerse la protección respiratoria (pruebas)
  - ✓ Ponerse la protección ocular
  - ✓ Ponerse la capucha



## Colocación y retirada de EPI

- Retirada del conjunto
  - ✓ La retirada de cualquier EPI se hará de atrás hacia delante, de arriba hacia abajo y de dentro hacia fuera



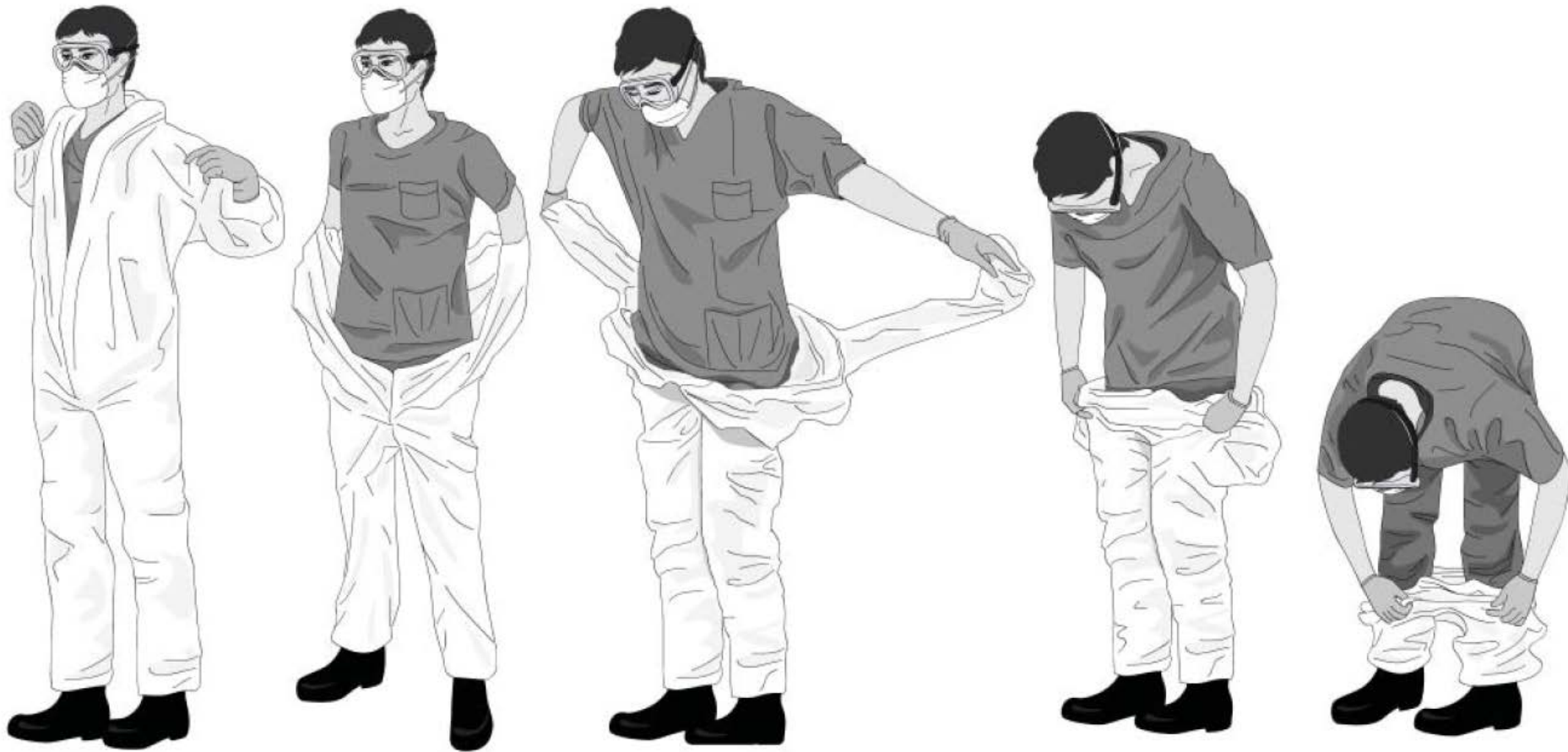
GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE TRABAJO, MIGRACIONES  
Y SEGURIDAD SOCIAL

insst  
Instituto Nacional de  
Seguridad y Salud en el Trabajo

# Nanomateriales - EPI

## Colocación y retirada de EPI



insst



## Colocación y retirada de EPI

- Retirada del conjunto
  - ✓ Retirar la protección ocular agarrándola por la parte que ha quedado detrás de la cabeza y por tanto protegida por la capucha y desde atrás hacia delante. No tocar la parte frontal





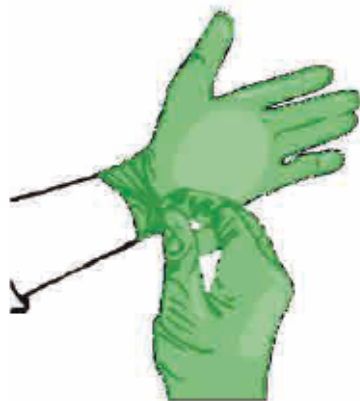
## Colocación y retirada de EPI

- Retirada del conjunto
  - ✓ Retirar la protección respiratoria agarrándola por la parte trasera, procurando no tocar la parte frontal. Si es necesario tocar alguna hebilla que hubiera podido estar expuesta a las sustancias químicas, se recomienda llevar los guantes desechables interiores o un par nuevo





# Nanomateriales - EPI



1



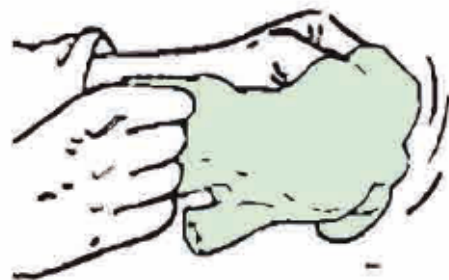
2



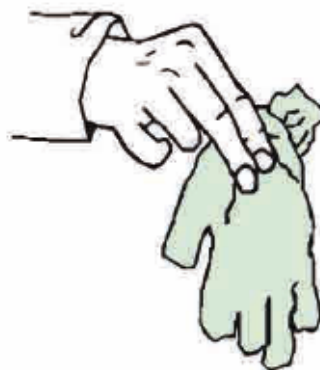
3



4



5



6



7

1. Coger el guante a unos centímetros del borde.
2. Volverlo del revés y quitarlo hasta el inicio de los dedos.
3. Con los dedos protegidos por el guante quitar el guante de la otra mano.

4. Volver del revés y quitar el guante del todo.
5. Acabar de quitar el primer guante.
6. Desechar los guantes de forma apropiada.
7. Lavarse las manos.



## Más resultados de investigación

- Se ha confirmado la posibilidad de que nanopartículas puedan penetrar en la piel (partículas  $\leq 40$  nm pueden penetrar estrato córneo de piel íntegra). Partículas esféricas mayor capacidad penetración que elípticas<sup>(6)</sup>.
- Estudios sobre permeación de nanopartículas de óxido de hierro a través de la piel y eliminación tras lavado con agua y jabón: se mantienen en superficie de la piel y se eliminan el 85%-90% tras el lavado, planteando la necesidad de más estudios de descontaminación<sup>(7)</sup>.

(6) Gautam, A. et al. (2011). Dermal exposure of nanoparticles: an understanding. Journal of Cell Tissue Research, vol 11, (1), 2703-2708.

(7) Lewinski, N. A. et al. (2017). Effectiveness of hand washing on the removal of iron oxide nanoparticles from human skin ex vivo. J. Occup Environ Hyg., v. 14 n. 8, pp. D115-D119.





## Eficacia de los EPI

- Diseño-fabricación → Requisitos esenciales de SS



(Normas armonizadas)

- Selección → Evaluación de riesgos →

Exposición a varios agentes

- **Uso** → Instrucciones del fabricante



Información

Formación



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE TRABAJO, MIGRACIONES  
Y SEGURIDAD SOCIAL



# Nanomateriales - EPI

# Muchas gracias por su atención

[evamaria.hoyas@insst.mitramiss.es](mailto:evamaria.hoyas@insst.mitramiss.es)

