

Taller: Aplicación práctica de medidas de protección frente a nanomateriales. Proyecto LIFE NanoRISK



www.lifenanorisk.eu

NanoRISK - Evaluación de la Efectividad de Medios de Protección frente a Nanomateriales: Tipos de Ensayo, Parámetros de Eficacia y Resultados



Maida Domat - ITENE

maida.domat@itene.com

Castellón - 22 de Septiembre de 2016

Instituto Valenciano de Seguridad y
Salud en el Trabajo (INVASSAT)

Taller: Aplicación práctica de medidas de protección frente a nanomateriales. Proyecto LIFE NanoRISK

Contenidos

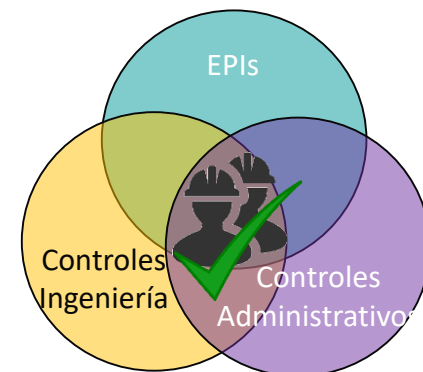
1. Objetivos y estado del arte
2. Descripción de la metodología de ensayo
3. Parámetros de eficacia y resultados
4. Conclusiones y trabajos futuros

1. Objetivos y estado del arte

❏ Objetivos

- ❗ El creciente uso de nanomateriales en la industria combinado con las incógnitas actuales acerca de sus efectos sobre la salud y el medio ambiente generan grandes preocupaciones.
- ❗ Varios estudios han indicado que la exposición a algunos nanomateriales puede dar lugar a una gama de efectos adversos.
- ❗ La efectividad y los métodos de testeo de los Equipos de Protección Individual (EPIs) frente a nanomateriales son aún muy limitados.

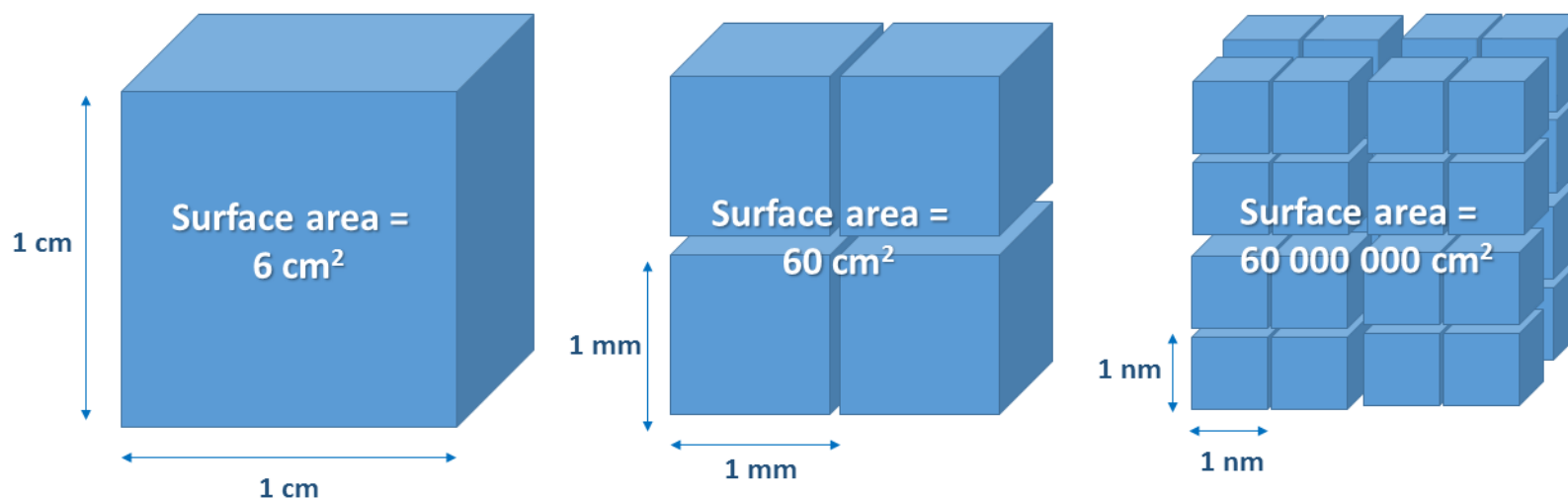
NANO_{RISK} tiene como objetivo **demostrar la eficacia de los controles** del lugar de trabajo para evitar o reducir al mínimo la exposición a nanomateriales durante situaciones específicas del lugar de trabajo, así como **proporcionar datos** para determinar si una medida de gestión del riesgo (RMM) es adecuada para un escenario particular de exposición en virtud de la normativa REACH.



1. Objetivos y estado del arte

❑ Objetivos

El mismo volumen formado por elementos más pequeños tiene una mayor área superficial -> **mayor reactividad**

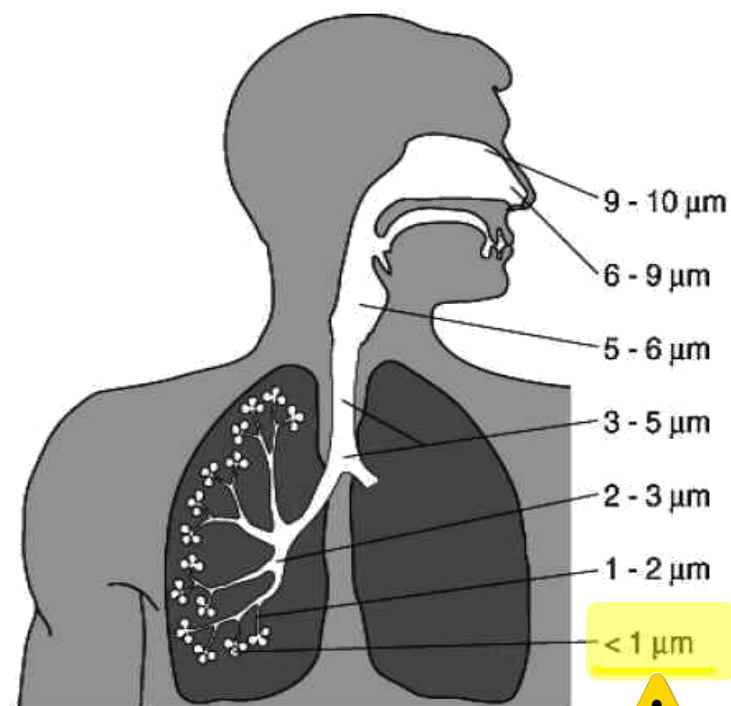
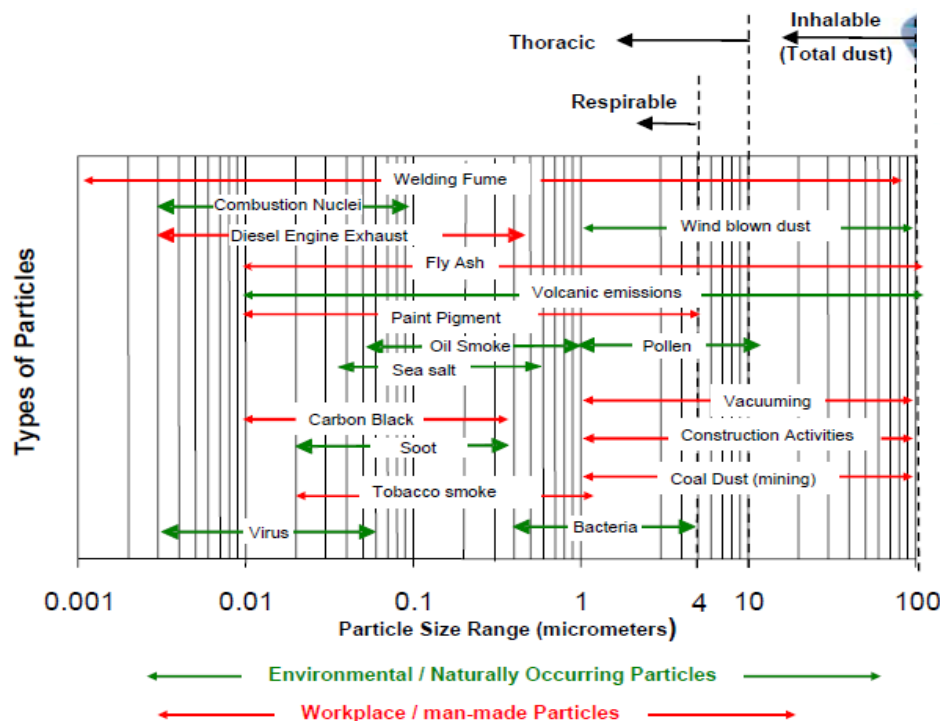


1. Objetivos y estado del arte

Objetivos

La exposición a nanopartículas puede venir de diferentes fuentes: **naturales o antropogénicas**, y dentro de estas **accidentales o intencionadas**.

Tanto la **toxicidad** como la **eficacia de deposición** en el tracto respiratorio se ven influenciadas por el **tamaño de partícula**.



Imágenes de TSI Inc.



1. Objetivos y estado del arte

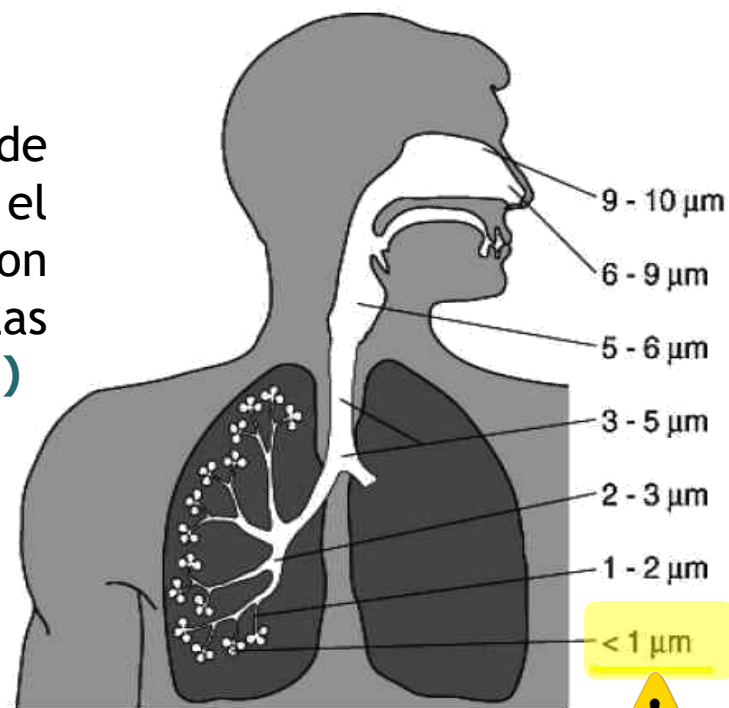
❑ Objetivos

La exposición a nanopartículas puede venir de diferentes fuentes: **naturales o antropogénicas**, y dentro de estas **accidentales o intencionadas**.

Tanto la **toxicidad** como la **eficacia de deposición** en el tracto respiratorio se ven influenciadas por el **tamaño de partícula**.



La mayoría de normas para el testeo de EPIs son frente a partículas **> 0,3 μm (300 nm)**



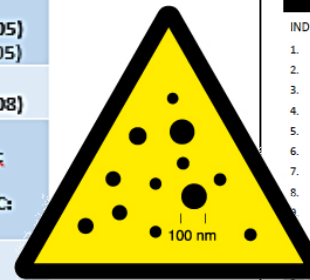
Imágenes de TSI Inc.

2. Descripción de la metodología de ensayo

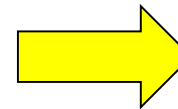
❑ Diseño de los métodos experimentales

Se seleccionaron un conjunto de normas estándar ISO y se adaptaron formando un conjunto de protocolos operativos frente al testeo de EPIs contra nanopartículas

Product / Material	Essay	Protocol (based on Rule)
DPE - Penetration in suits	Inward Leakage Testers	NR-D004 (ISO 13982-2: 2004) (EN ISO 13688: 2013) (UNE-EN ISO 13982-2: 2005) (UNE-EN ISO 13982-1: 2005)
	Test sequence	
DPE - Permeation in suits	Permeation	NR-D005 (UNE-EN ISO 17491-4: 2008)
Protective gloves cons chemicals and microorganisms	Permeation of chemicals with nanoparticles using liquid as a medium collector	NR-D006 (EN 374-1: 2004, 5.3 sec UNE-EN 374-3: 2004 UNE-EN 374-3: 2004 / AC: 2006)
Respiratory protection: Masks (Full face masks)	Inward leakage and the total inward leakage using NaCl NPs	NR-D001 NR-D002 (UNE-EN 136: 1998 EN 13274-1: 2001 Section 9.5 EN 13274-1: 2001 Section 9.5.2)
	Permeability	
Respiratory protection: Half masks and quarter masks	Inward leakage and the total inward leakage	NR-D001 NR-D002 UNE-EN 140: 1999 UNE-EN 140: 1999 / AC: 2000 EN 13274-1: 2001
	Preparing the Computer	
Respiratory protection: filtering half masks to protect against particles.	Filtration efficiency vs NaCl NPs	NR-D003 (EN 149: 2001 + A1: 2010 UNE-EN 13274-7: 2008)
Respiratory protection: masks without valves inhalation and Removable filters	Inward leakage	
	Penetration of the filters	NR-D003 UNE-EN 143: 2001 UNE-EN 143: 2001 / A1: 2006 UNE-EN 143 / AC: 2002 UNE-EN 143: 2001 / AC: 2005 UNE-EN 13274-7: 2008
Respiratory protection: filters	Inward leakage of NPs	
	Particle filters: Filtration efficiency nanoparticles against NaCl	NR-D003 UNE-EN 143: 2001 UNE-EN 143: 2001 / A1: 2006 UNE-EN 143 / AC: 2002 UNE-EN 143: 2001 / AC: 2005 UNE-EN 13274-7: 2008
	Filters against gases and combined filters: penetration of the filters	



NANO HAZARD



Respiratory protective devices.

SOP for determination of filter penetration of nanoparticles.

INDEX

1. Scope 1
2. Definitions 1
3. Performance factor 3
4. Requirements 3
5. Measuring Equipment 3
6. Pre-requisites 4
7. Operating procedure 4
8. Calculation procedure 5
9. Criterion for the validity of the test 5
- Test report 5

1. Scope

This method filters for respir aerosol (NaCl). The protocol is "Respiratory protection of particle filter the determination used with resp. The main ch concentration diameters below devices to det

2. Definitions

- Facepiece: connects t and whic atmoshe masks. Hel
- Aerosol: Su liquid par considere
- Water-bas suspension containa
- Environme

6. Pre-requisites

- Visual check of the suits to detect any malformation, defect or gash.
- Tests subjects are selected regarding its physical conditions and the following requirements:
- Do not have suffered or still being affected by a cold, flu or any kind of injury within two weeks prior to the test.
- Started or stopped taking any medications or changed doses since the last physical exam
- Be capable to perform the activities of the test and be comfortable wearing the suit.

Perform a pre-test of 2 minutes wearing the suit and walking normally on the treadmill to ensure the comfort and suitability of the test subject to perform the exercises of the test.

7. Operating procedure

1. Dilute the aerosol between 0.1 – 10 % with the sheath air to simulate a room concentration.

Adjustable Air pump (sampling flow rate from inside the suit in the range of (2 ± 0.5) l/min; flow shall be kept constant within ± 0.2 l/min) and air lines, used for sampling air from the suit under test.

Four sampling probes, one which shall be used to measure the challenge concentration and three, the concentration inside the suit.

Experiments must took place in a test chamber isolated from the environment with a constant temperature and humidity, where the aerosol is diluted with a sheath flow of dry, clean air, until obtaining the desired ambient concentration (see Fig. 1 for setup).

The subject is placed on a treadmill, which is installed inside the chamber, running at a constant velocity of (5 ± 0.5) km/h and while walking, the subject is asked to do a list of exercises.

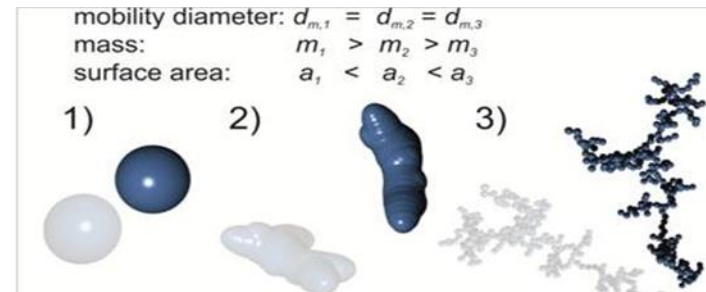
Figure 1: Setup for the test of fine particles penetration into protective suits.

2. Descripción de la metodología de ensayo

❑ Diseño de los métodos experimentales



Principales dificultades:



Normativa Estándar	Test frente a nanomateriales
Concentración en masa (g/m ³)	Concentración en número (# particles/cm ³)
Diámetro másico medio: 600 nm	Diámetro geométrico medio < 100 nm
Mediciones con un fotómetro de llama	Mediciones con equipamiento específico para nanopartículas (CPC, SMPS, ELPI, OPS...)
Test con sujetos de ensayo	Sujetos de ensayo solo con NaCl, otros nanomateriales se prueban con partes sustitutivas
Diseños experimentales bien definidos	Necesidad de construir o diseñar partes específicas del experimento

2. Descripción de la metodología de ensayo

❏ Diseño de los métodos experimentales

! Equipos de Protección Respiratoria

- Mascarillas autofiltrantes
- Medias Máscaras
- Máscaras Completas
- Filtros P1-P2-P3



! Equipos de Protección Ocular

- Gafas de montura universal
- Gafas buzo



! Equipos de Protección dérmica

- Trajes completos:
 - Materiales Tejidos
 - Materiales no tejidos (desechables)
 - Materiales no tejidos (reusables)
- Guantes:
 - Deshechables
 - Reusables



! Equipos de Ventilación Local (Controles de ingeniería)

- Campanas
- Extracción localizada

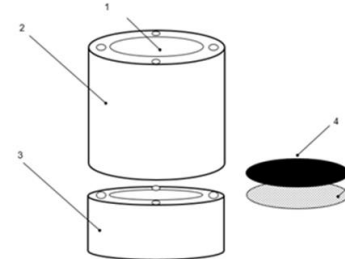
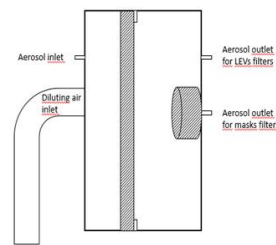
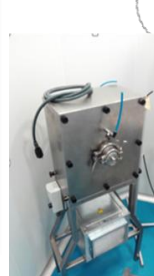
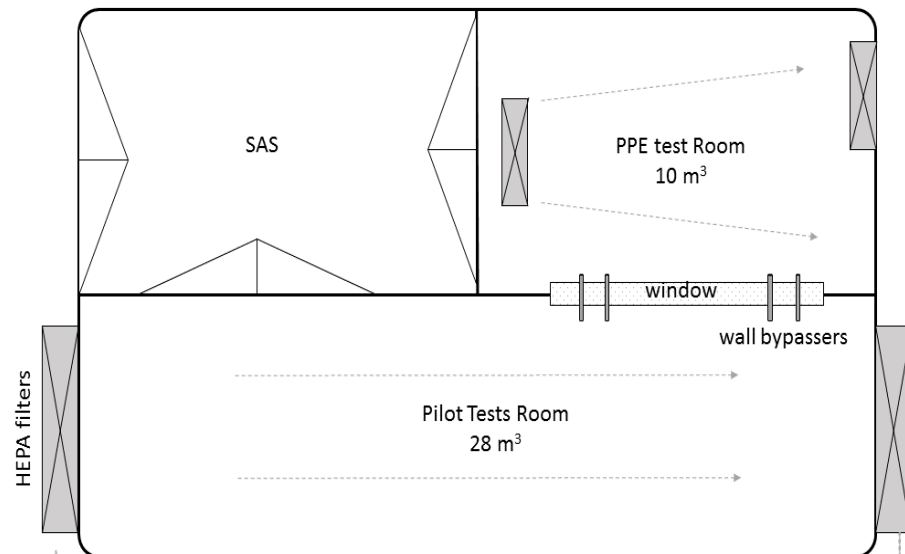


2. Descripción de la metodología de ensayo

❑ Diseño de los métodos experimentales



Diseño de una cámara de exposición



3. Parámetros de eficacia y resultados

❑ Equipos de protección respiratoria

- Máscaras desechables /reusables
- Filtros P1-P3
- Experimentos con sujetos (NaCl) o con partes sustitutivas (SiO₂)

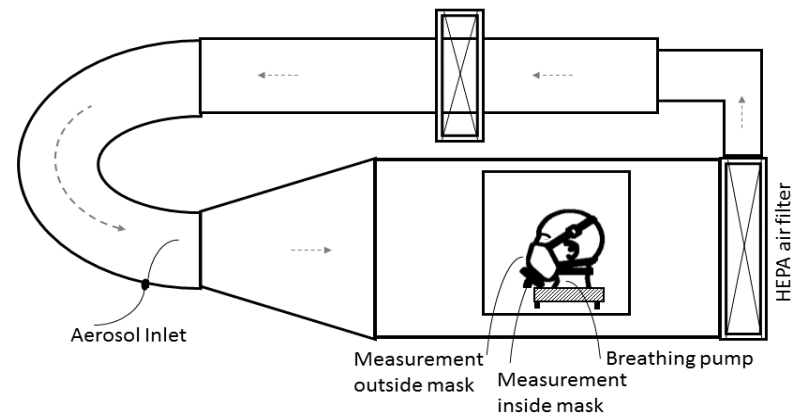
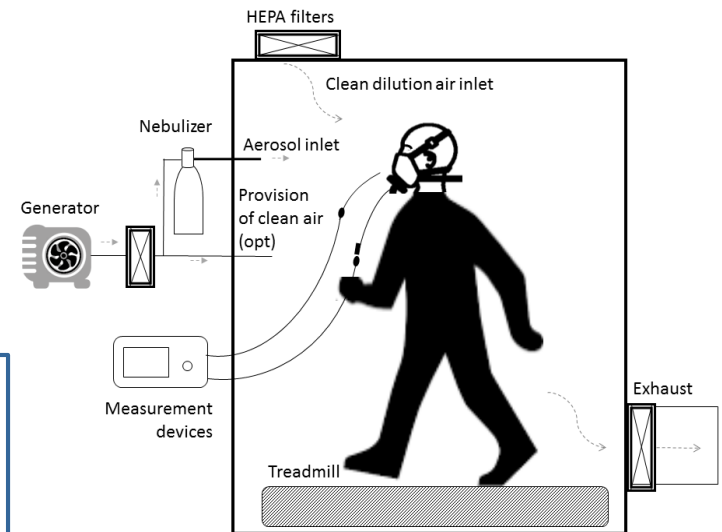
Fuga (total) hacia el interior :

$$Pn(\%) = \frac{C_{in}}{C_{out}} \cdot \left(\frac{t_{in} + t_{ex}}{t_{in}} \right) \cdot 100$$

C_{in}: Concentración dentro de la máscara

C_{out}: Concentración en el ambiente

$\frac{t_{in}+t_{ex}}{t_{in}} = \mathbf{1,25}$: factor de corrección por la retención de aire entre el tiempo inhalado y exhalado

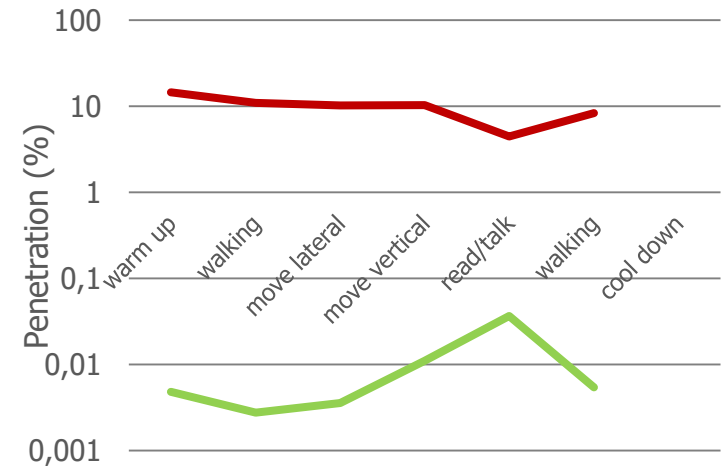
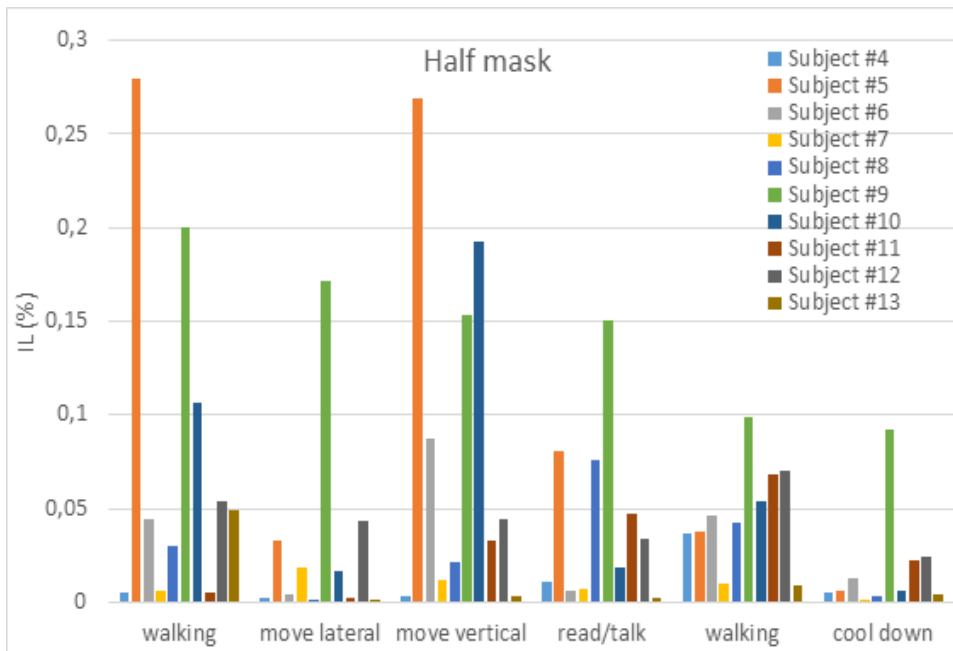


3. Parámetros de eficacia y resultados

❑ Equipos de protección respiratoria

- Gran variabilidad en los resultados para cada sujeto

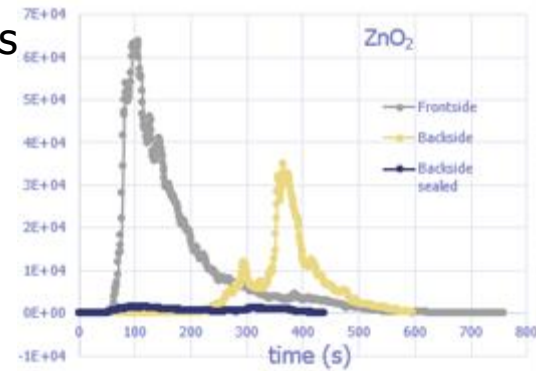
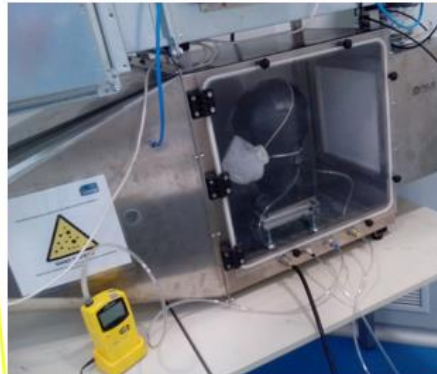
¡IMPORTANCIA DE UN BUEN AJUSTE!



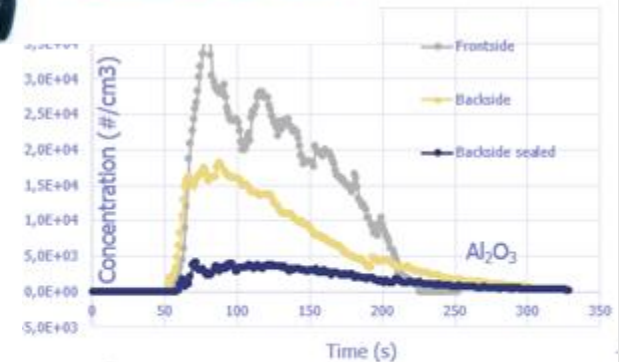
3. Parámetros de eficacia y resultados

❑ Equipos de protección respiratoria

- La mayor parte de las fugas se produce en las juntas



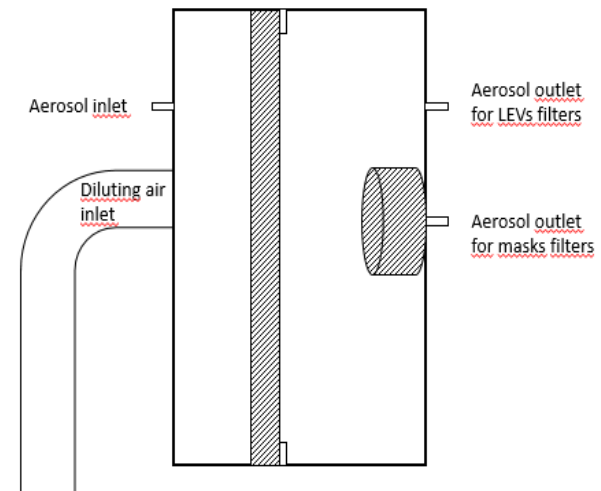
Penetration factor < 10 %



Penetration factor < 15 %

3. Parámetros de eficacia y resultados

❑ Equipos de protección respiratoria



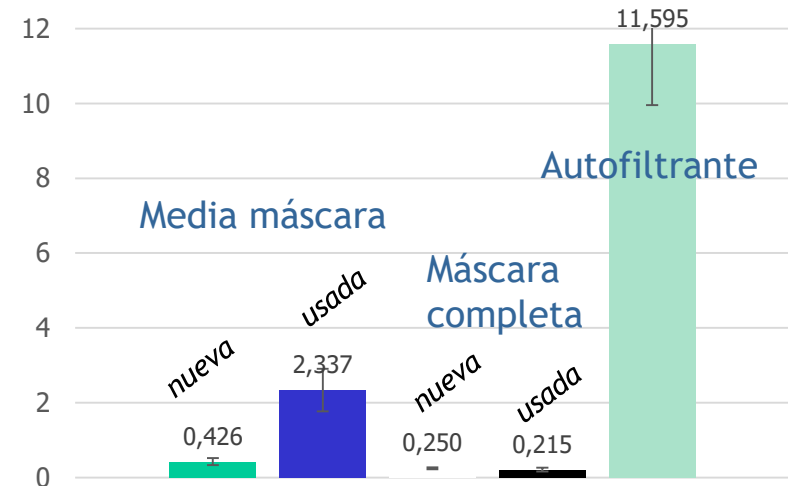
- Los filtros por sí mismos en general ofrecen una buena protección

Tipo filtro	Valor Estándar	Valor para NPs
FFP1	4	4,1
FFP2	10	8,4
FFP3	20	23
P2	10	>1000
P3	50	>1000

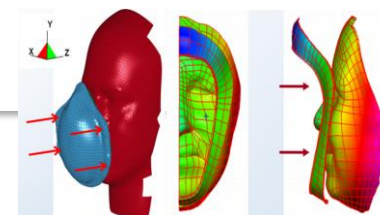
3. Parámetros de eficacia y resultados

❑ Equipos de protección respiratoria

- **El ajuste** del EPR a la forma de la cara del usuario es el **principal aspecto** a tener en cuenta para reducir la exposición por inhalación.
- Los fabricantes han definido algunas innovaciones para **mejorar el sello facial**, incluyendo el **uso de material adhesivo** y las mejoras en el diseño de las **molduras y correas**.
- **Controles administrativos**: importancia de la enseñanza del uso y mantenimiento de los equipos.



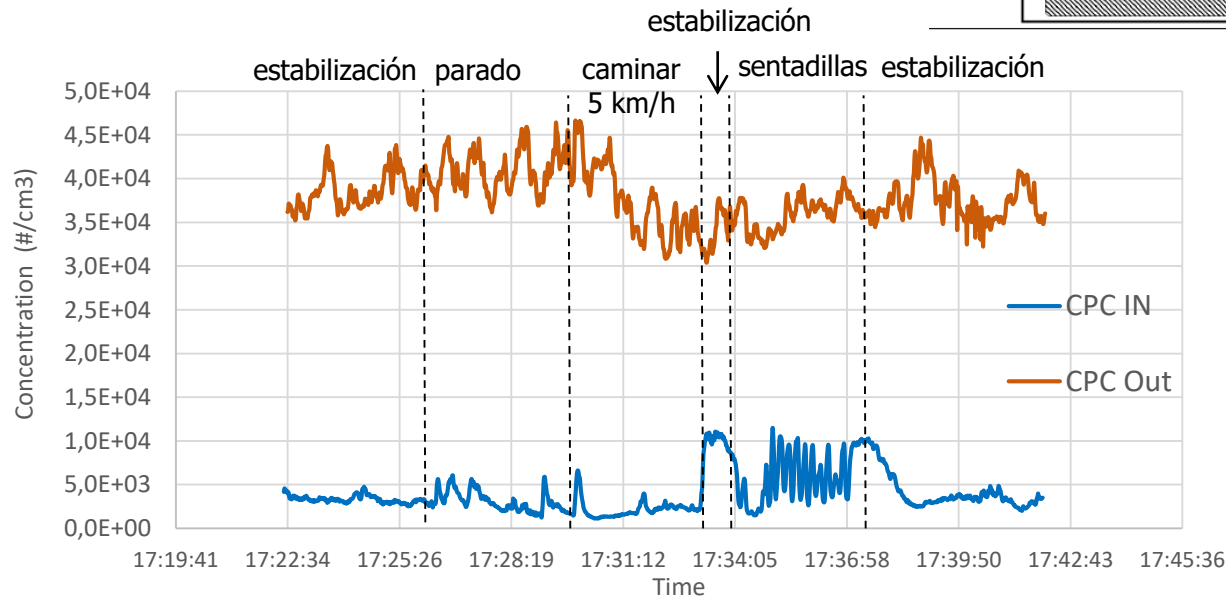
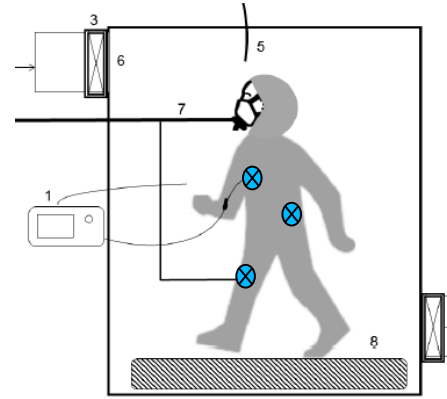
- ✓ Tamaño de partícula más penetrante ~ 30-50 nm
- ✓ Factores que influyen en la efectividad del EPR:
 - La penetración incrementa con el flujo de aire
 - Mayor protección con mayor ajuste
 - Máscaras desechables -> mayor dificultad de ajuste



3. Parámetros de eficacia y resultados

❑ Equipos de protección dérmica: Trajes

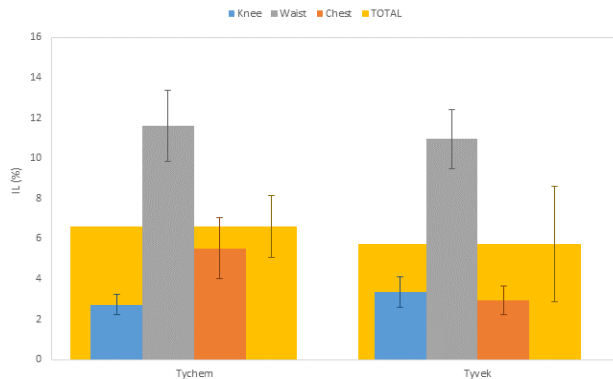
- Se mide en 3 puntos: pecho, cintura y rodilla
- Realizando movimientos como caminar, mover los brazos o sentadillas



3. Parámetros de eficacia y resultados

❑ Equipos de protección dérmica: Trajes

- La protección se corresponde con la asignada a cada tipo de traje
- Sin embargo, los movimientos bruscos propician las fugas al interior
- Para NPs en seco, mejor escoger trajes de **materiales no tejidos**, como monos desechables Tipo 5



	Tipo 3		Tipo 5/6		Tipo 4/5	
	<i>Pecho</i>	<i>Rodilla</i>	<i>Pecho</i>	<i>Rodilla</i>	<i>Pecho</i>	<i>Rodilla</i>
Parado	1480	584	2003	1912	1182	953
Levantar Brazos	622	499	1563	1070	822	946
Caminar 5 km/h	762	643	1074	1865	992	417
Sentadillas	397	529	407	1869	677	676
Total PF	397		407		417	

3. Parámetros de eficacia y resultados

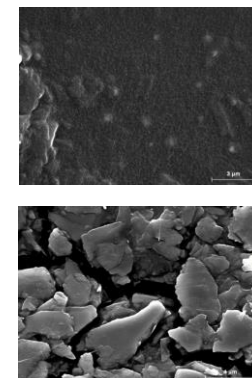
❑ Equipos de protección dérmica: Guantes



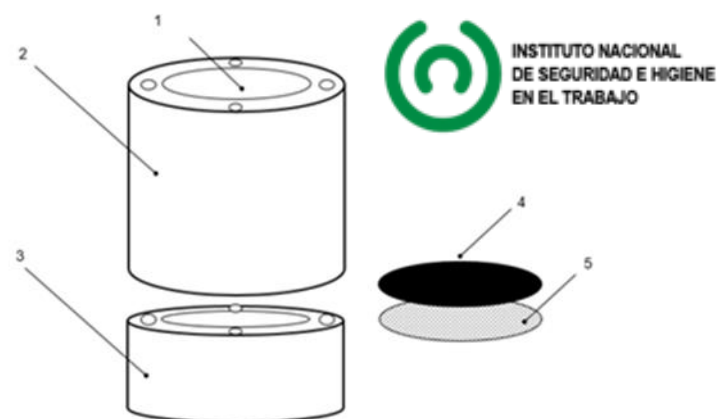
Reusable / Disposable



SEM microscopy



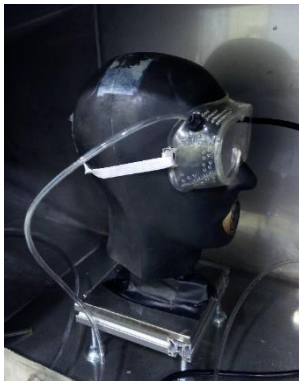
Tipo	Material	Grosor (mm)	Pn (%)
Deshechable	Nitrilo Fino	0.07-0.09	0.040
	Nitrilo grueso	0.11-0.15	0.006
	Vinilo	0.08	0.103
	Vinilo (sin polvo)	0.08	0.013
	Latex	0.15	4.64
Reusable	Neopreno	0.70	1.63
	PVC	1.30	3.17
	Butilo II	0.36	-





3. Parámetros de eficacia y resultados

❑ Equipos de protección ocular: Gafas

- ✓ Las gafas de buzo suelen tener aberturas para ventilar, por lo que si el riesgo es alto es mejor **usar una máscara completa**.
- ✓ Las gafas de montura universal solo protegen frente a salpicaduras directas



Tipo	Pn (%)
	57.79 ± 9.38
	20.07 ± 1.61

3. Parámetros de eficacia y resultados

❑ Equipos de Ventilación Localizada



APS -
Aerodynamic
Particle Sizer

CPC 3007

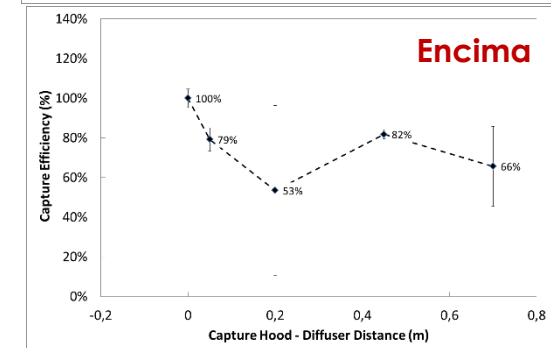
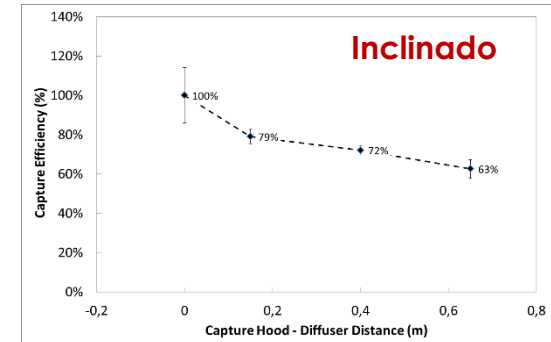
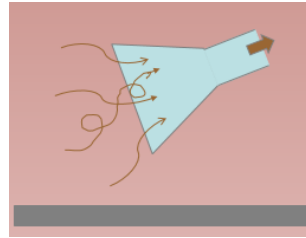
NSAM

Dusk Track

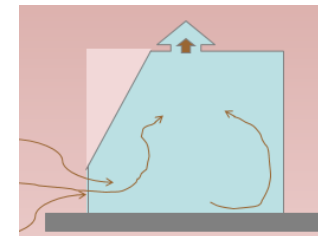
3. Parámetros de eficacia y resultados

❑ Equipos de Ventilación Localizada

- ✓ La efectividad decrece linealmente en función de la distancia al punto de emisión cuando el extractor está inclinado
- ✓ Situado directamente sobre el punto de emisión se producen mayores perturbaciones
- ✓ Nueve mediciones simultáneas de la concentración de partículas en nueve sondas de muestreo
- ✓ Promedio de eficiencia del **99,04 ± 0,36%**, sin embargo, depende en gran medida de la posición dentro de la campana



Test A	21	19	21
	688	891	30
Test B	2	7	11
	953	1553	26
Test C	3	6	9
	184	1660	8



3. Conclusiones y trabajos futuros

- ✓ Se han desarrollado unos metodos replicables y efectivos para analizar la efectividad de los EPIs frente a nanopartículas
- ✓ Los protocolos estándar se amplían a tamaños $> 0.3 \mu\text{m}$
- ✓ Los equipos de protección respiratoria deben su eficacia en gran medida al ajuste de la mascara al usuario, ya que los filtros proporcionan alta protección.
- ✓ Los equipos de protección dérmica, tanto trajes como guantes, ofrecen niveles de protección análogos a los que ofrecen frente a partículas mayores. Sin embargo, es mejor usar materiales no tejidos en ambos casos para evitar la fuga al interior por las partes porosas.
- ✓ La efectividad de los LEVs depende de su posición y flujos, pueden llegar a aumentar la exposición si son usados incorrectamente.

Taller: Aplicación práctica de medidas de protección frente a nanomateriales. Proyecto LIFE NanoRISK

☐ Agradecimientos



Taller: Aplicación práctica de medidas de protección frente a nanomateriales. Proyecto LIFE NanoRISK

¡Gracias por su atención!

Maidá Domat- ITENE
maida.domat@itene.com

NANORISK
www.lifenanorisk.eu