

Treball Final de Màster

Prevenió de Riscos Laborals

PAC3

La virtualització de la formació preventiva (e-Learning)
en l'àmbit de la Higiene Industrial d'un Laboratori de
Nanotecnologia

Nom i cognoms de l'estudiant: Joan Rosset Verge

Correu electrònic: jrossetv@uoc.edu

Itinerari d'especialització: xxxx

Nom i cognoms del professor col·laborador o consultor: Rosa Nevado
Roca

Data de lliurament: 15/01/2020

Semestre: 02/2019-2020

Índex

Treball Final de Màster	1
Prevenició de Riscos Laborals	1
PAC3	1
La virtualització de la formació preventiva (e-Learning) en l'àmbit de la Higiene Industrial d'un Laboratori de Nanotecnologia	1
Índex	2
Il·lustracions	4
Taules	4
Resum	5
Paraules clau	5
Abstract	6
Keywords	6
1. Introducció	7
Cronograma.	8
2. Justificació	9
3. Objectius i abast	9
4. Desenvolupament del TFM	11
4.1. Plataformes LMS, Arquitectura i Estructura del curs per Higiene Industrial.	12
4.1.1. Arquitectura Moodle Cloud del LMS.	12
4.1.2. Accés al portal del curs.	13
4.1.3. Aprenentatge social e-Learning 2.0.	14
4.1.4. Gamificació com a eina per l'aprenentatge en la PRL.	15
4.1.4.1. Gamificació en la Prevenició de Riscos Laborals.	15
4.1.4.2. Las regles de la motivació: intrínseques i extrínseques.	16
4.1.4.3. La triada PET (Punts, Emblemes i Taules de classificació).	17
4.1.4.4. Categoria d'elements.	17
4.1.4.5. Tipus de jugadors o usuaris.	19
4.1.5. Model Instruccional.	19
4.1.6. Aplicació de les tècniques de gamificació en l'àmbit de la Prevenició de Riscos Laborals.	22
4.1.7. La Intel·ligència Artificial (AI) i el Machine Learning.	23
4.1.8. Estructura del curs i l'aula formativa.	23
4.2. Temàtica d'un curs de formació OnLine de PRL en l'àmbit de la Higiene Industrial.	25
4.2.1. Que són i tipus de Nanomaterials.	25
4.2.2. Riscos Higièncics a l'exposició d'agents Nanotecnològics.	26
4.2.2.1. Risc Inhalació dels agents nanomètrics.	27

4.2.2.2.	Risc d'absorció a través de la pell.	28
4.2.2.3.	Risc d'ingesta.	29
4.2.2.4.	Risc d'incendi i explosió.	29
4.2.3.	Avaluació de l'exposició.	31
4.2.3.1.	Gestió i fabricació en el laboratori.	31
4.2.3.2.	Neteja i manteniment.	32
4.2.3.3.	Gestió d'abocament de residus.	33
4.2.4.	Categorització del risc i Gestió dels riscos.	34
4.2.4.1.	Factors de severitat que afecten a l'exposició de nanopartícules.	34
4.2.4.2.	Factors de probabilitat que afecten a l'exposició de nanopartícules.	35
4.2.4.3.	Control Banding.	36
4.2.5.	Mesures de prevenció i protecció.	38
4.2.5.1.	Eliminació o substitució.	38
4.2.5.2.	Modificació del procés.	38
4.2.5.3.	Mesures i tècniques de control.	39
4.2.5.4.	Mesures organitzatives.	39
4.2.5.5.	Etiquetatge i emmagatzematge.	40
4.2.5.6.	Ventilació dels locals.	40
4.2.5.7.	Ventilació localitzada.	42
4.2.5.8.	Sistemes de confinament o aïllament.	43
4.2.6.	Equips de Protecció Individual (EPI)	44
4.2.7.	Camps Electromagnètics.	44
4.3.	Legislació.	45
4.4.	Aplicació d'un cas pràctic en la realització de productes cosmètics.	46
4.4.1.	Control Banding.	46
4.4.2.	Anàlisi qualitatiu d'exposició a l'argent (Silver Ag) Nanomolecular.	49
4.4.3.	Mesures preventives.	53
4.4.3.1.	Nivell de risc Baix (RL1)	53
4.4.3.2.	Nivell de risc Moderat (RL2)	54
4.4.3.3.	Nivell de risc Alt (RL3).	54
4.4.3.4.	Nivell de risc Molt Alt (RL4).	54
4.4.4.	Avaluació del resultat obtingut en el Control Banding.	54
4.4.4.1.	Roba de protecció.	55
4.4.4.2.	Guants de protecció.	57
5.	Conclusions	58
6.	Valoració	59
7.	Referències bibliogràfiques	60

Il·lustracions

Il·lustració 1. Nanomaterials fabricats. Bottom-up vs Top-down approach.....	9
Il·lustració 2. Metodologia d'aprenentatge.	11
Il·lustració 3. Portal Moodle Cloud. https://moodlecloud.com/	12
Il·lustració 4. Cost del Moodle Cloud. https://moodlecloud.com/	12
Il·lustració 5. Portal al curs de PRL. https://prlcursuoc.moodlecloud.com/	13
Il·lustració 6. DashBoard de l'usuari.....	13
Il·lustració 7. Jerarquia d'elements de joc.....	19
Il·lustració 8. Tipus de jugadors o usuaris.....	19
Il·lustració 9. Gamificació. Dinàmiques i mecàniques.....	24
Il·lustració 10. Representació gràfica, gamificació i PET.....	24
Il·lustració 11. Esquema comparatiu de les diferents escales de mides.....	25
Il·lustració 12. Fraccions d'entrada per via inhalatòria de les nanopartícules.....	28
Il·lustració 13. Moviment de les partícules en el cos humà.	29
Il·lustració 14. Puntuació de severitat d'exposició a nanopartícules. https://nanohub.org/groups/gng/control_banding	35
Il·lustració 15. Puntuació de probabilitat d'exposició a nanopartícules.	36
Il·lustració 16. Pictograma "Risc d'exposició a nanomaterials.	37
Il·lustració 17. Determinació del nivell de risc en funció de la severitat i la probabilitat de risc.....	37
Il·lustració 18. Proposta de Límits d'exposició ocupacional OEL (Occupational Exposure Limit) per a nanopartícules dissenyades.....	38
Il·lustració 19. Sistemes de ventilació. Afectació segons la mida de la nanopartícula.	41
Il·lustració 20. Un sistema de ventilació d'escapament local amb netejador d'aire.	42
Il·lustració 21. Possibles punts de mesura en un lloc de treball on un treballador gestiona un nanomaterial.	43
Il·lustració 22. Roba de protecció contra productes químics.....	55
Il·lustració 23. Guant de protecció.....	57

Taules

Taula 1. Característiques Físicoquímiques del Nanomaterial. Aplicació pràctica de metodologia qualitativa per l'avaluació higiènica d'exposicions a nanopartícules (2011)	46
Taula 2. Toxicitat del Nanomaterial. Aplicació pràctica de metodologia qualitativa per l'avaluació higiènica d'exposicions a nanopartícules (2011)	47
Taula 3. Toxicitat de la substància no Nanomaterial. Aplicació pràctica de metodologia qualitativa per l'avaluació higiènica d'exposicions a nanopartícules (2011)	47
Taula 4. Característiques del procés. Aplicació pràctica de metodologia qualitativa per l'avaluació higiènica d'exposicions a nanopartícules (2011)	48
Taula 5. Nivells de severitat segons la puntuació obtinguda. Aplicació pràctica de metodologia qualitativa per l'avaluació higiènica d'exposicions a nanopartícules (2011)	48
Taula 6. Nivells de probabilitat en funció de la puntuació obtinguda. Aplicació pràctica de metodologia qualitativa per l'avaluació higiènica d'exposicions a nanopartícules (2011)	49
Taula 7. Nivells de risc en funció dels valors de severitat i probabilitat. Aplicació pràctica de metodologia qualitativa per l'avaluació higiènica d'exposicions a nanopartícules (2011)	49
Taula 8. Informació del Nanomaterial. CB NanoTool 2.0.	49

Resum

El treball de Final de Màster d'Higiene Industrial en l'àmbit d'un Laboratori de Nanotecnologia, té la finalitat d'aportar a la formació virtualitzada actual, un canvi en l'aplicació de l'aprenentatge de la Prevenció de Riscos Laborals, on la vesant legal i la formal poden donar lloc a la pèrdua essencial bàsica de la prevenció de riscos laborals que és aconseguir que el treballador sigui informat i format en com detectar els riscos que en el seu lloc de treball existeixen i com prevenir-los. Com es recullen en els articles 18.1 i 19 de la Llei de Prevenció de Riscos Laborals l'obligació per part de l'empresari d'informar i formar els treballadors respecte als seus riscos en el treball i sobre les mesures o activitats per a prevenir-los, especialment davant emergències i davant risc greu i imminent.

Per aconseguir fer arribar la formació es requereix fer ús de la tecnologia de les TIC com a mitjà de comunicació, aquesta tecnologia també permet aplicar noves formes de motivació, que l'usuari final, que és alumne i treballador, l'ajudin a entendre millor el que la formació pretén inculcar, ja que la salut del treballador està en joc i no hi ha millor manera per fer que l'alumne jugui per fer-li entendre d'una manera més estimulante, per això la necessitat d'implementar la gamificació.

El treball Final de Màster té com a part més important la recopilació dels riscos que pateix un treballador com a tècnic de laboratori durant la manipulació de nanopartícules i com aquests es poden detectar, eliminar i aïllar perquè no afectin la salut del treballador.

Per tant, el Treball de Final de Màster en Higiene Industrial, es divideix en tres blocs:

- a) La conceptualització d'un entorn de formació virtualitzada.
- b) Un curs de formació i informació general que ha de ser aplicat en l'entorn d'un Laboratori on es creen productes amb nanopartícules.
- c) Un cas pràctic d'anàlisi de riscos d'un nanomaterial utilitzat pel desenvolupament de cosmètics.

Finalment, l'aplicació del Control Banding, com a tècnica d'avaluació de l'exposició a nanomaterials basada en mètodes qualitius o semiquantitatius, és una metodologia que caracteritza la substància utilitzada i el procés a seguir, amb el fi de realitzar una estimació del nivell de risc, sense necessitat d'acudir, a priori, a la realització de mesures i mostres.

Paraules clau

Control Banding, Gamificació, Formació Virtualitzada, e-Learning, Nanotecnologia.

Abstract

The Final Master's Degree in Industrial Hygiene in the field of a Nanotechnology Laboratory has the objective to contribute to current virtualized training, a change in the application of the learning of Occupational Risk Prevention, where the legal and formal visa can lead to the essential basic loss of occupational risk prevention to inform and train the worker in how to detect the risks that exist in his workplace and how to prevent them.

As the articles 18.1 and 19 of the Prevention of Occupational Hazards say, the obligation of the main head of the company is to inform and train workers regarding their risks at work and on the measures or activities to prevent them, especially on emergencies and on serious and imminent risks.

In order to get the training done, it is necessary to make use of ICT technology as the main platform of communication, this technology also allows to apply new forms of motivation, that the end user, who is a student and a worker, help them to understand better what training is willing to teach, since the health of the worker is not a game, there is no a better way to make the student understand while playing, that is why the need to implement gamification .

The Final Master's project has as the most important part, the collection of risks suffered by a worker as a laboratory technician during the manipulation of nanoparticles and how they can be detected, eliminated and isolated so that they do not affect the health of the worker.

Therefore, the Master's Final Project in Industrial Hygiene is divided into three blocks:

- a) The conceptualization of a virtualized learning environment.
- b) A training course and general information that must be applied in the environment of a Laboratory where products with nanoparticles are created.
- c) A practical case of analysis of a nanomaterial risk used for the development of cosmetics.

Finally, the application of Control Banding, as a technique evaluation of the exposure to nanomaterials based on qualitative or semiquantitative methods, is a methodology that characterizes the substance used and the process to follow, in order to make an estimation of the Level of risk, without having to go, a priori, to the realization of measures and samples.

Keywords

Control Banding, Gamification, Virtualized Training, e-Learning, Nanotechnology.

1. Introducció

El treball de final de màster de Prevenció de Riscos Laborals en l'àrea de la higiene Industrial parteix de la motivació en aplicar els estudis realitzats, en més profunditat, en l'àmbit d'un Laboratori de Nanotecnologia, on es creen nous productes a escala molecular, i com aquests agents poden afectar a la salut del treballador. Desenvolupar tot un estudi on s'analitzi la quantitat d'agents en l'aire, el confinament d'aquests, els sistemes de ventilació, així com la manipulació i la possibilitat d'explosió o incendi, ha de ser de preocupació per part de l'higienista.

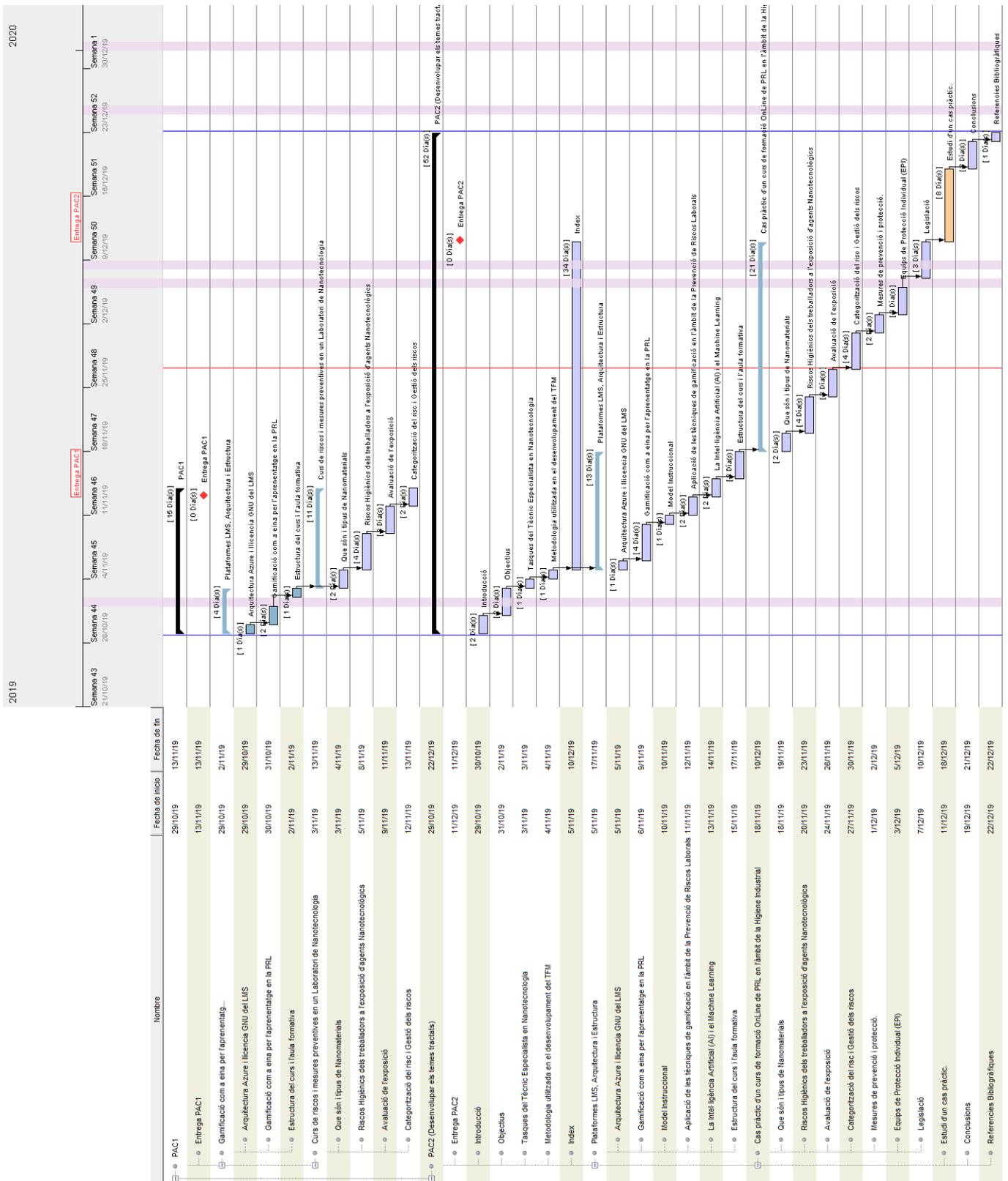
La Nanotecnologia és l'estudi, disseny, creació, síntesi, manipulació i aplicació de materials, aparells i sistemes funcionals a través del control i l'explotació de fenòmens i propietats de la matèria a escala «nano». «Nano» és un prefix grec que indica una mesura corresponent a la mil milionèsima part d'un metre (0,0000001 m), de manera que la Nanotecnologia es caracteritza per ser un camp altament multidisciplinari i cohesionat exclusivament per l'escala en la qual treballa la matèria. Quan es manipula la matèria a escala d'àtoms i molècules, demostra fenòmens i propietats totalment noves. Els/les científics/es utilitzen la Nanotecnologia per crear materials, aparells i sistemes nous amb propietats úniques i diferenciades, que poden afectar les característiques fonamentals de la matèria com el color, la reactivitat, la conductivitat o la resistència. La utilització de productes que contenen Nanomaterials s'aplica en quasi tots els sectors industrials, com són la indústria de l'alimentació, l'energia, la construcció, la medicina, l'enginyeria de materials i l'aeroespacial. Per tant, la Nanotecnologia promet solucions avantguardistes i beneficis de tota mena, des de noves aplicacions mèdiques o solucions més eficients a problemes ambientals.

El propòsit del treball de final de màster és proporcionar informació i recomanacions que puguin orientar al treballador, empresari i responsables en el compliment de les seves obligacions per garantir una protecció adequada de la salut i la seguretat dels treballadors exposats a Nanomaterials en els llocs de treball. Per fer arribar aquesta formació és necessari l'ús de les noves tecnologies (TIC) que han de servir per poder assegurar i avaluar la comprensió de la formació, perquè aquesta, serveixi per identificar i prevenir situacions de perill que el treballador/a es pot trobar en el dia a dia, en el seu lloc de treball i que aquest/a podrà identificar i actuar en conseqüència prenent les mesures, avisar el seu cap i/o alertar els responsables de PRL. La formació en PRL queda legislada en la llei 31/1995 de 8 de novembre, on aquesta formació ha de ser garantida per a tot treballador/a i ha de ser necessària d'adequar-la al lloc de treball.

Quan els medis físics i la manca de personal del servei de prevenció no disposa dels requeriments i mitjans per fer arribar d'una manera clara i entenedora tota aquella situació que pot ser causa de perill i les conseqüències que pot tenir en el treballador/a, la formació virtualitzada pot impactar en gran manera, ja que, en certes circumstàncies la vida de la persona pot estar en joc, l'ús de mitjans audiovisuals i la gamificació poden aprofundir de manera positiva en l'aprenentatge preventiu.

El TFM en l'àmbit de la Higiene Industrial, servirà per poder aplicar els conceptes apresos i desenvolupats al llarg de les assignatures, debats, proves d'avaluació del màster, d'una manera entenedora i il·lustrada, reunint i condensant els coneixements adquirits, per aconseguir que els treballadors/es amb nivells culturals, motivacions, capacitat, etc. diferents, puguin entendre el que es vol donar a conèixer de la PRL, tenint en compte el present i el futur dels llocs de treball i el marc regulat preventiu.

Cronograma.



2. Justificació

Els motius de realitzar el treball de Final de Màster ha sigut per situacions personals i socials en l'entorn del treball. Al fet d'haver patit una agressió per part d'un directiu i a més d'haver patit mobbing va ser el desencadenant per poder tenir els coneixements necessaris per denunciar actuacions d'agressió moral als treballadors. No solament la motivació va ser en l'àmbit psicosocial, si no, el fet de percebre el greuge en tots els àmbits com la seguretat, la higiene i l'ergonomia que cert directius, davant de treballadors indefensos, han actuat menys preant la salut dels empleats.

Per tant, la meua motivació i justificació sorgeix com a revenja de la incapacitat dels treballadors per defensar's de les injustícies que pateixen i que afecten a la salut. La necessitat de forma i informar és un repte que aquest Treball de Final de Màster ha de ser capaç d'assolir.

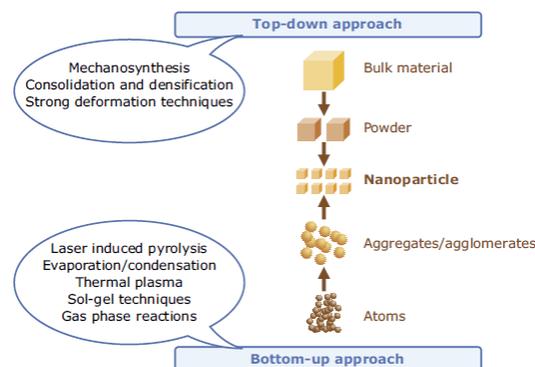
3. Objectius i abast

L'abast d'aquest Treball de Final de Màster és descriure les afectacions i riscos en la PRL que té un tècnic especialista en un Laboratori de Nanotecnologia, per tant, e/la tècnic/a especialista en Nanotecnologia és aquella persona que realitza investigació centrada en aquest camp, això permet l'accés a la manipulació de Nanomaterials manufacturats que comporten un risc potencial d'alliberació en l'ambient de partícules manomètriques i dels seus aglomerats i agregats que poden tenir dimensions superiors a 100 nm. L'exposició laboral a Nanomaterials es pot dur a terme en qualsevol de la les etapes del cicle de vida del Nanomaterial, en les tasques de manteniment i neteja.

Els Nanomaterials fabricats es poden sintetitzar mitjançant dos enfocaments diferents, coneguts com a enfocament de baix a dalt (*bottom-up approach*) i enfocament de dalt a baix (*top-down approach*).

El plantejament de baix a dalt es va originar en laboratoris de recerca i en nanociència, consisteix en la construcció de Nanomaterials àtom per àtom, molècula per molècula o agregat per agregat, més ben dit, la síntesi apartin de la nucleació amb un creixement de les partícules mitjançant la condensació i/o coagulació.

L'enfocament de dalt a baix es va originar en la microelectrònica. Consisteix a reduir, i més concretament a miniaturitzar, els sistemes existents (generalment materials microestructurats) mitjançant l'optimització de les tecnologies industrials actuals, per tant, un procés de molta del material a granel.



Il·lustració 1. Nanomaterials fabricats. Bottom-up vs Top-down approach.

La Nanotecnologia ha traspassat el llindar del laboratori i està present en tots els sectors de producció. La introducció en el mercat de productes amb nanomaterials incorporats presenta un creixement del 25% anual. La UE estima que el 2020 uns 2,3 milions de persones treballaran amb nanomaterials. No obstant això hi ha un acord internacional en el fet que els aspectes de seguretat humana i ambiental no s'han contemplat amb la mateixa diligència que el de les aplicacions comercials. L'agència europea de seguretat i salut en el treball EU-OSHA, en la seva actualització de 2014 sobre mètodes d'avaluació relacionats amb el càncer ocupacional i l'exposició a carcinògens, recomana adoptar el principi de precaució per al cas dels nanomaterials de toxicitat incerta.

Del coneixement disponible avui dia sobre l'impacte de la Nanotecnologia en la seguretat i salut laboral cal destacar tres idees:

La primera és la necessitat d'informar a empresaris i responsables de l'administració que el treball amb nanomaterials suposa una modificació de les condicions de treball, ja que els nanomaterials (entre 1 i 100 nanòmetres) poden representar un risc diferent del mateix material a una mida superior a 100 nanòmetres

En segon lloc, el paradigma tradicional de la higiene industrial necessita ser adaptat i modificat per al cas dels nanomaterials.

Finalment, es posa de manifest la necessitat de formació per actualitzar les competències dels professionals de la prevenció per garantir la seguretat de les persones exposades a nanomaterials en el seu lloc de treball.

Els objectius de l'escenari d'actuació, s'orienten sobre:

- Dissenyar un curs de formació virtualitzada utilitzant el Moodle com a Learning Management System (LMS) dins de l'entorn d'Azure (Microsoft)
- Aportar els recursos pedagògics instruccionals utilitzant eines aplicades en els jocs per mitjà de la gamificació amb la finalitat d'obtenir la motivació del treballador.
- Donar el coneixement necessaris per Informar i formar als treballadors d'instal·lacions de laboratoris on es gestionen o produeixen nanomaterials, dels riscos de patir accidents i malalties d'origen laboral.
- Aplicar metodologies qualitatives per a l'avaluació de riscos en nanomaterials: l'eina d'avaluació higiènica a l'exposició de nanopartícules "Control Banding".
- Pautar mesures preventives per prevenir els riscos laborals a l'exposició a nanopartícules i nanomaterials.
- Informar de la gestió del risc amb nanopartícules.
- Aplicar per mitjà d'un cas pràctic, la documentació recopilada en el curs per poder identificar els riscos del lloc de treball i aplicar les mesures preventives adequades.

4. Desenvolupament del TFM

El desenvolupament de treball de Final de Màster, analitzar el treball d'un Tècnic Especialista en Nanotecnologia que té com a tasques:

- Planificar, desenvolupar i portar a terme projectes d'investigació relacionats amb Nanotecnologia, aquesta tasca comporta la manipulació de nanomaterials.
- Fa servir nanoelements i nanomaterials en l'elaboració de nous productes amb valor afegit. En aquesta tasca ha de tenir cura dels elements volàtils i ambients explosius.
- Gestionar els residus generats durant el desenvolupament dels projectes.

La metodologia utilitzada serà:

- Anàlisis de la normativa existent amb afectació en la manipulació de nanoelements per part del treballador.
- Realització d'una part introductòria de la posada en pràctica de la plataforma LMS (*Learning Management System*)
- Com aplicar metodologies de gammificació en l'aprenentatge de PRL.
- La narrativa, que il·lustraria la formació del treballador en prevenció de riscos laboral en un entorn de treball amb Nanotecnologia. Aquesta narrativa té com a base, l'actuació que tindria l'higienista en el moment de la formació:

Explicació: L'impacte dels agents Nanomoleculars en els éssers humans, que en quantitat o concentració suficient pot alterar la salut de les persones que entren en relació o contacte amb ells.

Identificació: Habitualment els contaminants no són percebuts pels nostres sentits, per això serà necessari conèixer les condicions de treball i la seva perillositat.

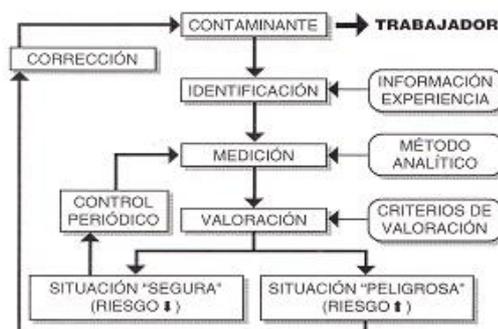
Afectació: Després de ser relacionats els contaminants i les probabilitats d'exposició a aquests agents, s'ha de descriure el nombre de persones afectades i en quin moment es produeix aquesta exposició.

Mesura: un cop conegut el contaminant, el següent pas és esbrinar la concentració del mateix en aquest ambient de treball, mitjançant un mesurament, i juntament amb el temps d'exposició determinar la dosi que rep el personal exposat.

Valoració: els resultats trobats dels mesuraments s'han de comparar amb valors de referència amb la normativa vigent, que ens indicarà, si ens trobem en una situació que és segura o en una situació perillosa.

Avaluació: Si a conseqüència de l'avaluació sorgeix una situació perillosa, s'han d'adoptar mesures que facin disminuir el risc fins a situacions segures i realitzar correccions.

Control periòdic: sempre que es modifiqui el procés, s'introdueixi una nova substància o es generi algun dany a la salut s'ha d'avaluar novament el risc higiènic.

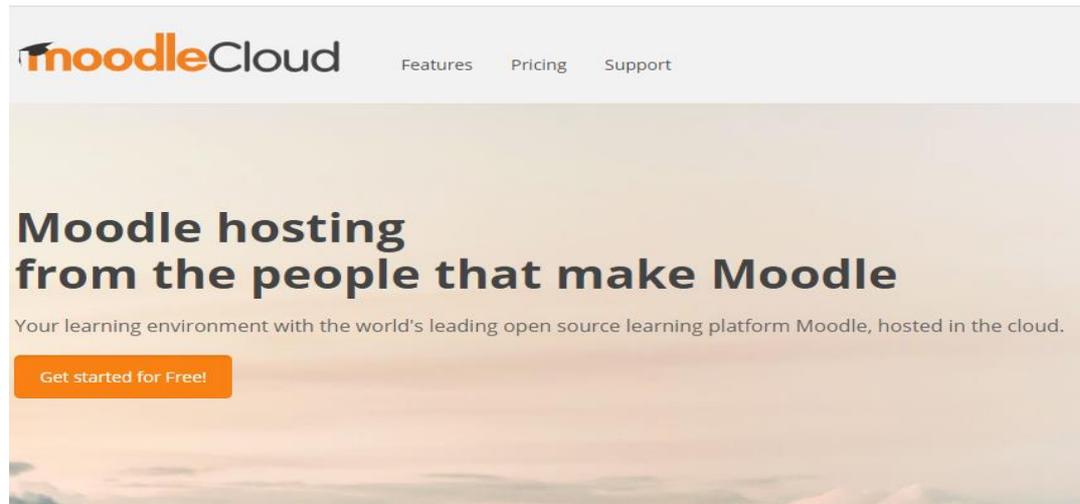


Il·lustració 2. Metodologia d'aprenentatge.

4.1. Plataformes LMS, Arquitectura i Estructura del curs per Higiene Industrial.

4.1.1. Arquitectura Moodle Cloud del LMS.

MoodleCloud és un servei d'allotjament que proporcionen les persones que fan Moodle, on podeu obtenir un lloc Moodle completament allotjat (l'anomenem lloc MoodleCloud). Un cop registrats, es té accés al vostre portal de MoodleCloud per gestionar el compte i lloc.



Il·lustració 3. Portal Moodle Cloud. <https://moodlecloud.com/>

En el portal de Moodle Cloud es pot triar entre diversos paquets de configuració de l'entorn amb costos diferents, inclòs un de gratuït, segons les necessitats del curs.

	Free Get it in minutes, keep it forever.	Starter Ideal for a single class	Moodle for School Perfect for multiple classes		
			Mini	Small	Medium
Annual price in AUD*	\$ 0	\$ 80 / year	\$ 250 / year	\$ 500 / year	\$ 1,000 / year
	Get Started	Sign up	Sign up	Sign up	Sign up
Max users	50	50	100	200	500
Max file storage	200 MB	200 MB	200 MB	400 MB	1 GB
Latest Moodle version	✓	✓	✓	✓	✓
Unlimited courses and activities	✓	✓	✓	✓	✓
Personalised site name	✓	✓	✓	✓	✓
Mobile app enabled	✓	✓	✓	✓	✓
Web conferencing with BigBlueButton	+	✓	✓	✓	✓
Inactive site retention	✗	✓	✓	✓	✓
Custom certificates	✗	✓	✓	✓	✓
Document converter	✗	✓	✓	✓	✓
Automated backups	✗	✓	✓	✓	✓
Advanced theme	✗	✗	✓	✓	✓
Extra plugin pack	+	✗	✓	✓	✓
Plugin and theme installation	✗	✗	✗	✗	✗
	Get Started	Sign up	Sign up	Sign up	Sign up

Il·lustració 4. Cost del Moodle Cloud. <https://moodlecloud.com/>

El portal MoodleCloud és el lloc on se gestiona el compte de MoodleCloud, amb els detalls de facturació i les estadístiques d'accés sobre l'ús del lloc. Per iniciar la sessió al MoodleCloud Portal, s'ha introduïu l'URL del vostre lloc i la vostra contrasenya de MoodleCloud, que és la mateixa que la contrasenya d'administració del vostre lloc MoodleCloud.

4.1.2. Accés al portal del curs.

El portal del curs d'accés als diferents cursos de prevenció de riscos laborals és:

<https://prlcurasuoc.moodlecloud.com/>

S'han creat dos tipus de rols o usuaris amb característiques de gestió diferents, aquests dos usuaris són el de professor i treballador (alumne):

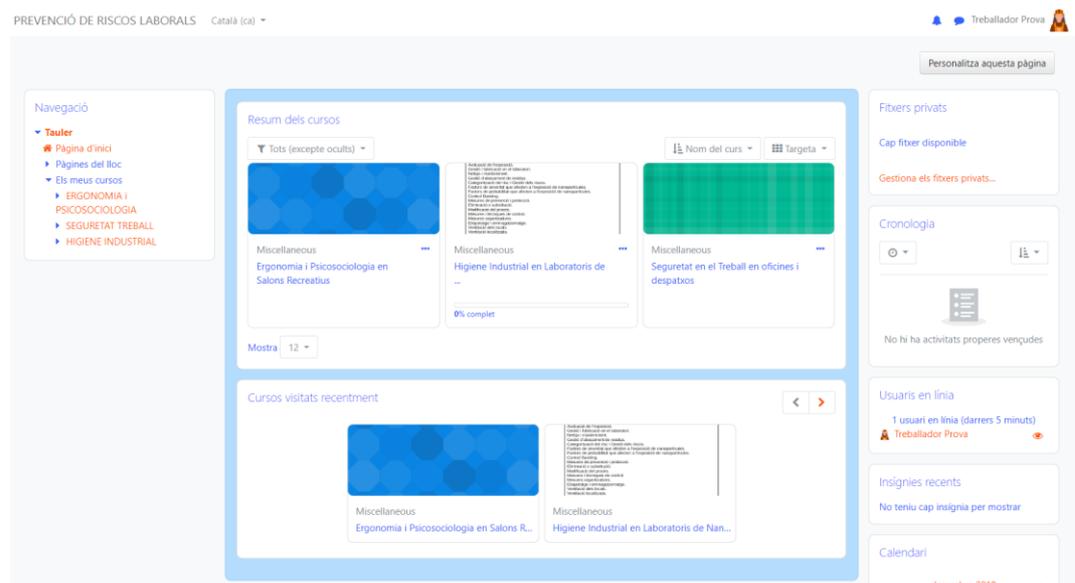
- Usuari: professor password:1234
- Usuari: treballador password:1234

El portal amb l'URL del curs te l'aspecte següent:



Il·lustració 5. Portal al curs de PRL. <https://prlcurasuoc.moodlecloud.com/>

L'ingrés com a professor o alumna dona lloc al DashBoard amb els elements i cursos disponibles:



Il·lustració 6. DashBoard de l'usuari.

4.1.3. *Aprentatge social e-Learning 2.0.*

L'e-Learning 2.0, sorgeix a conseqüència de la incorporació de les eines de la web 2.0, i la nova filosofia educativa s'emmarca després de la qual podríem considerar com la e-Learning 1.0, és a dir, mentre el que podríem denominar com e-Learning 1.0 es recolza en els LMS, el 2.0 es nodreix en les eines de la web 2.0 i els "social media" com l'ús de blocs, wikis i xarxes socials. Aquesta transformació es deu, a més de la mateixa evolució de les eines tecnològica, al fet que els LMS que han rebut una sèrie de crítiques que van des de la necessitat d'implantar un nivell específic de capacitació digital dels alumnes, fins a la reproducció de models tradicionals de formació, tot i que, en aules virtuals i no presencials.

Les principals característiques de l'e-Learning 2.0 són:

- **COL·LABORACIÓ:** Aprentatge en xarxa, més enllà dels grups. L'aprenentatge Connectat es basa no tant en continguts com en converses i interacció dins de xarxes, d'equips oberts de treball (TEAM: Together Everyone Achieve More: "junts tots podem aconseguir més"). Un nou sinònim per a la web2.0, seria l'e-Learning social o social learning. Aquesta definició es pot defensar amb el criteri següent:
 - És un tipus de formació en entorns normalment oberts, més democràtica i de caràcter potencialment universal.
 - Augmenta la qualitat crítica dels mateixos usuaris cap a una millora de l'aprenentatge.
 - Interacció, és la satisfacció de l'instint de comunitat.
 - La diversitat, derivada dels tres anteriors ("el pensament més divers seria el més encertat", segons Teemu Arina, que té una carrera professional de dues dècades com a empresari tecnològic, autor i orador professional), ens portarà a la tolerància.
- **ESCALABILITAT:** Amb e-Learning 2.0 la formació és contínua, l'aprenentatge és informal i prové de múltiples mitjans.

Si facilitem l'intercanvi del nostre treball (en blocs, wikis, mitjans de comunicació digital, etc.), aquest rebrà el feedback necessari per a la seva actualització constant.

- **FORMACIÓ AUTÒNOMA o FORMACIÓ CIUTADANA:** els rols de professor i alumne es dilueixen en aquest tipus d'aprenentatge. El paper del professor canvia, de director de grups a coordinador o moderador de comunitats, fonamentalment expert en les eines de la web 2.0 i l'entorn obert de e-Learning i no tant en els continguts que ha d'impartir.

4.1.4. *Gamificació com a eina per l'aprenentatge en la PRL.*

Si volem aconseguir que el treballador compleixi amb les mesures de seguretat amb una supervisió mínima, hem de buscar una forma que les mesures de seguretat siguin vistes d'una manera que agradi al treballador. Una eina que pot servir per això, és la Gamificació, la qual consisteix en l'adaptació de dinàmiques i mecàniques de joc en entorns i aplicacions no lúdiques amb la finalitat de potenciar la motivació, la concentració, l'esforç, l'aprenentatge i altres valors positius comuns a tots els jocs. La gamificació té el potencial de gratificar tasques tedioses creant situacions menys desagradables.

4.1.4.1. *Gamificació en la Prevenció de Riscos Laborals.*

Que és la Gamificació: L'ús d'elements de jocs i tècniques de disseny de jocs en contextos que no són de jocs. Un sistema gamificat modifica els elements de l'entorn per fer que l'experiència sigui més atractiva o per aconseguir certs objectius. Dins d'aquests objectius estan les tasques repetitives que impliquen ajustar-se a procediments definits i que són purament individuals per la seva pròpia naturalesa, són tractades amb l'objectiu, no d'enganyar la gent perquè toleri un treball avorrit, sinó més aviat consisteix a ajudar-los a trobar una mesura del significat que té la seva activitat.

El fet de posar-se un casc que pot molestar és desagradable, la utilització de guants que et fan suar, és desagradable, l'ús d'equips de protecció individual (EPI) pot semblar que no ajuden a la realització de la tasca. Assistir repetidament durant hores a capacitacions de seguretat, pot ser desagradable. Realitzar una tasca d'una forma que pren més temps o requereix major esforç del que és habitual és desagradable. En fi, moltes de les coses associades als comportaments segurs, poden resultar desagradables pel treballador.

Si es vol aconseguir que el treballador compleixi amb les mesures de seguretat sense que hagi de ser supervisat, hem de buscar una forma que les mesures de seguretat siguin vistes d'una manera que agradi a treballador. Una eina que pot servir per això, és la Gamificació, el qual consisteix en l'ocupació de dinàmiques i mecàniques de joc en entorns i aplicacions no lúdiques amb la finalitat de potenciar la motivació, la concentració, l'esforç, la fidelització i altres valors positius comuns a tots els joc. La gamificació té el potencial de tornar alguna cosa desagradable en alguna cosa atractiva, divertida o menys desagradable.

Els experts en pedagogia sostenen que la "jugabilitat" de la formació incrementa de manera instintiva la motivació i satisfacció en l'alumne, permetent a més, un millor seguiment i control de les diferents fases de el programa formatiu. Tot i semblar lúdica la gamificació, és cosa seriosa, que no ha de conduir-nos a l'equívoc. Aquesta combinació d'emocions és el que ajuda en els processos d'aprenentatge.

L'objectiu de la gamificació no és substituir la formació real, sinó involucrar l'empleat de manera que prengui consciència dels riscos i fomentar la motivat perquè vulgui continuar amb el seu procés formatiu. El jugador ha de completar diferents missions per poder avançar en la formació, sempre

realitzant un entrenament específic com a requisit imprescindible per passar de nivell.

4.1.4.2. *Las reglas de la motivació: intrínseques i extrínseques.*

La paraula motivació ve de paraula llatina *motivus*, que significa “que serveix per moure’s”. Estar motivat es veure’s mogut a fer alguna cosa. Voler fer una cosa s’anomena motivació “intrínseca”, perquè per la persona implicada, aquesta motivació radica en la pròpia activitat. Pel contrari, el sentir que hem de fer alguna cosa implica una motivació “extrínseca”, perquè la motivació prové de fora de la pròpia activitat.

Els motivadors extrínsecs són aquells que ens motiven a fer una cosa per raons que no té res a veure amb el nostre gaudi o el nostre compromís amb l’activitat, com per exemple perquè ens ho exigeixen en el nostre treball o perquè altres persones d’importància ho fan o perquè volem completar els nostres coneixements.

Els motivadors intrínsecs corresponent a aquelles activitats que agraden fer realment i que es portarien a terme, tot i que, no tinguessin ninguna esperança d’obtenir cap tipus de recompensa. Quan els treballadors volen sobresortir de la resta en el seu treball, els resultats són molt millors que si depenen exclusivament de mecanismes tradicionals, com les compensacions salarials.

És important en l’ús de la gamificació el fet de no associar de manera arbitrària, motivadors extrínsecs a activitats que poden motivar-se utilitzant reguladors intrínsecs. La motivació extrínseca ajuda a les persones a gaudir d’activitats avorrides, les recompenses poden promoure el comportament positiu i la millora de resultats quan s’està tractant amb activitats grises, repetitives i/o tedioses.

La realimentació permet monitoritzar, per part del treballador, el resultat de les seves accions. Aquestes realimentacions poden ser:

- Realimentacions inesperades i informatives incrementen l’autonomia i la motivació intrínseca. Les persones gaudeixen al rebre èxits i recompenses que no preveien.
- Els usuaris els agrada que els informin sobre com ho estan fent. Completar un nombre d’accions que apopen a l’usuari a rebre un premi.
- Els usuaris regulen els seus propis comportaments basant-se en les mètriques que se’ls proporciona. Els bucles de realimentació regulen el comportament en la direcció de la realimentació i proporcionar mètriques del èxit assolit, farà que l’usuari es vegi motivat seguir la mateixa dinàmica.

4.1.4.3. *La triada PET (Punts, Emblemes i Taules de classificació).*

En la gamificació els punts, emblemes i taules de classificació (PET) són potents, pràctics i rellevants, per tant, són el punt de partida de les eines de la gamificació.

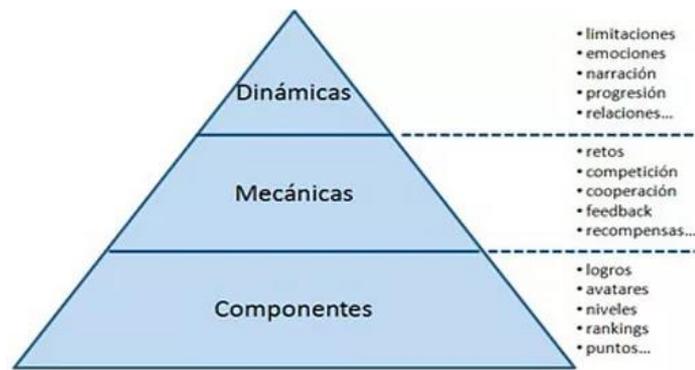
- Els punts.
 - Mantenen de manera efectiva una classificació, li diuen el jugador com de bé ho està fent.
 - Poden determinar la victòria en un procés gamificat, suposant que existeixi una manera de victòria.
 - Creen una connexió entre la progressió dins del joc i les recompenses extrínseques.
 - Proporcionen realimentació, aportant informació de com de bé s'està fent i el progres.
 - Poden ser una manera externa del progres, perquè altres membres de l'empresa vegin el nivell d'assoliment, donant un símbol d'estatus.
 - Proporcionen dades pel dissenyador del joc com a mètrica d'anàlisi.
- Els emblemes. Són la versió més solida dels punts i és la representació visual d'algun tipus d'assoliment. Segons els investigadors Judd Antin i Elizabeth Churchill els emblemes ben dissenyats tenen cinc característiques motivacionals:
 - Poden proporcionar un objectiu ha assolir.
 - Proporcionen una guia amb respecta el que es possible fer dins el sistema.
 - Són un indicatiu de que és el que importa al usuari i que és el que ha assolit.
 - Són símbols virtuals d'estatus i com a forma d'afirmació personal que indica el recorregut que l'usuari ha realitzat dins del sistema gamificat.
 - Funciones com a marques tribals. Un usuari amb igual tipus d'emblema que altres experimenta una sensació de pertinença al grup.
- Taules de classificació. Proporcionen un cert context per la progressió, de manera que el punts o els emblemes no poden proporcionar. Si el que és important és el rendiment, la taula de classificació fa públic el rendiment perquè tothom ho pugui veure, això pot ser desmotivador. Introduir únicament taules de classificació tendeix a reduir normalment el rendiment en lloc de fer que augmenti.

4.1.4.4. *Categoria d'elements.*

- Dinàmiques. Són els aspectes organitzacionals del sistema gamificat.
 - Restriccions. Limitacions o compromisos forçats.
 - Emocions. Curiositat, competitivitat, frustració, felicitat.

- Narrativa. Una història coherent i continuada.
 - Progressió. El creixement i desenvolupament de l'usuari.
 - Relacions. Interaccions socials que generen sentiments de companyonia, estatus, altruisme.
- Mecàniques. Són els processos bàsics que fan progressar l'acció i que porten a l'usuari a involucrar-se. Hi ha deu mecàniques:
 - Desafiaments. Puzles o tasques que requereixen un esforç per resoldre-les.
 - Sort. Elements aleatoris.
 - Competició. Un jugador o grup guanya i l'altre perd.
 - Cooperació. Jugadors que han de treballar en equip per resoldre o aconseguir un objectiu compartit.
 - Realimentació. Informació que comença el progrés.
 - Adquisició de recursos. Obtenció d'elements útils o col·leccionables.
 - Recompenses. Beneficis atorgats per la realització d'una determinada acció o aconseguir un assoliment.
 - Transaccions. Intercanvis entre usuaris.
 - Tornos. Participació seqüencial dels jugadors que es van alternant.
 - Estats de victòria. Objectius que fan que el jugador o grup sigui guanyador.
 - Components. Són elements més específics que les mecàniques i les dinàmiques. Hi ha quinze components importants:
 - Assoliments. Objectius definits.
 - Avatars. Representació visual del personatge de l'usuari.
 - Emblemes. Representacions visuals dels assoliments.
 - Missions heroiques. Desafiaments complicats al finalitzar un nivell.
 - Col·leccions. Elements o emblemes que es poden acumular.
 - Competició. Actuacions entre l'usuari i altres.
 - Desbloqueig de continguts. Aspectes disponibles si s'assoleixen certs objectius.
 - Regals. Oportunitats de compartir recursos.
 - Taules de classificació. Representacions visuals de la progressió i els assoliments.
 - Nivells. Passos que segueix el jugador en la progressió.
 - Punts. Representacions numèriques de la progressió.
 - Missions. Desafiaments predefinits amb objectius i recompenses.
 - Gràfiques socials. Representació de l'usuari en les xarxes socials.
 - Equips. Grups de jugadors que treballant conjuntament per aconseguir un objectiu comú.
 - Bens virtuals. Actius amb un valor virtual.

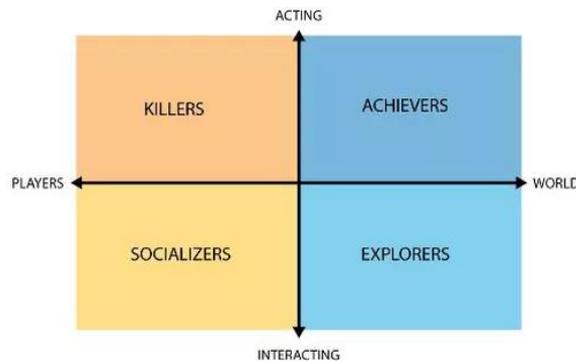
Al igual que cada mecànica està enllaçada amb una o més dinàmiques, cada component està enllaçat amb un o més elements de major nivell. Els punts i emblemes es connecten amb accions dels jugadors amb les mecàniques i dinàmiques de major nivell.



Il·lustració 7. Jerarquia d'elements de joc.

4.1.4.5. Tipus de jugadors o usuaris.

Per gamificar, necessitem saber a qui volem motivar. Això implica analitzar quins tipus de jugadors o usuaris es mouran pel nostre sistema.



Il·lustració 8. Tipus de jugadors o usuaris.

Es distingeixen quatre tipus de jugadors o usuaris de la formació:

- Aconseguidors (achievers). Els encanta el procés d'anar pujant de nivell o obtenir emblemes.
- Exploradors (explorers). Els agrada trobar nous continguts.
- Socialitzadors (socializers). Volen interactuar amb els amics o companys.
- Assassins (killers). Volen imposar la seva voluntat als demés.

4.1.5. Model Instruccional.

Els models de disseny instruccional consisteixen en crear experiències d'instrucció diferenciades que fan l'adquisició de coneixements i habilitats més eficients, eficaç i atractiva. Aquests models permeten adaptar l'ensenyança d'acord a com aprèn millor l'estudiant. Un model instruccional pedagògic que més s'adapta a l'ús de la gamificació és el de Robert Gagné, que amb els seus 9 events planteja estimular la curiositat dels estudiants i retenir el seu interès.

Els nou passos adaptats per Gagné, Briggs i Wager (1992) són:

1. Obtenir atenció dels estudiants.

Assegureu-vos que els aprenents estan preparats per aprendre i participar en activitats presentant un estímul per obtenir la seva atenció. Els mètodes per obtenir l'atenció dels estudiants són:

- Estimular els estudiants amb novetat, incertesa i sorpresa.
- Proposar preguntes als estudiants.
- Feu que els estudiants plantegin preguntes que puguin respondre els altres estudiants.

2. Informar els estudiants dels objectius.

Informar els estudiants dels objectius o resultats per ajudar-los a comprendre què han d'aprendre durant el curs. Proporcioneu objectius abans que comenci la instrucció. Els mètodes per indicar els resultats són:

- Descriure el rendiment requerit.
- Descriure els criteris per al rendiment estàndard.
- L'aprenent estableix criteris per a un rendiment estàndard.

3. Estimular el record d'aprenentatge previ.

Ajuda als estudiants a donar sentit a la informació nova relacionant-la amb alguna cosa que ja saben o alguna cosa que ja han experimentat. Els mètodes per estimular el record són:

- Fer preguntes sobre experiències anteriors.
- Preguntar als estudiants sobre la comprensió de conceptes anteriors.

4. Presenteu el contingut.

Utilitzeu estratègies per presentar i contenir el contingut de les lliçons per proporcionar una instrucció més eficaç i eficaç. Organitzar i trossejar contingut de manera significativa. Proporciona explicacions després de demostracions. Les maneres de presentar i examinar el contingut de les lliçons inclouen:

- Presentar vocabulari.
- Proporcioneu exemples.
- Presenteu diverses versions d'un mateix contingut, per exemple, vídeo, demostració, conferència, podcast, treball en grup.
- Utilitzeu diversos suports per tractar diferents preferències d'aprenentatge.

5. Proporcionar orientació sobre l'aprenentatge.

Assessoreu els estudiants sobre estratègies per ajudar-los en l'aprenentatge del contingut i dels recursos disponibles. Els mètodes per proporcionar orientació sobre l'aprenentatge inclouen:

- Oferiu assistència instructiva segons calgui - com a bastides (indicis, indicacions, indicacions) que es poden eliminar quan l'alumne aprèn la tasca o el contingut.
- Modelar estratègies d'aprenentatge variades: mnemònica, mapeig de conceptes, joc de rol, visualització.
- Utilitzeu exemples i no exemples. A més de proporcionar exemples, utilitzeu exemples no per ajudar els estudiants a veure què no fer o al contrari dels exemples.
- Proporciona casos de cas, analogies, imatges visuals i metàfores - estudis de cas per a l'aplicació del món real, analogies per a la construcció de

coneixements, imatges visuals per fer associacions visuals, metàfores per afavorir l'aprenentatge.

6. Rendiment efectiu (pràctica)

Activeu el processament dels estudiants per ajudar-los a interioritzar noves habilitats i coneixements i confirmar la correcta comprensió d'aquests conceptes. Les maneres d'activar el processament dels aprenents inclouen:

- Activitats de l'alumnat: feu preguntes d'aprenentatge profund, feu referència a allò que els estudiants ja saben o que els estudiants col·laboren amb els seus companys.
- Estratègies de recordació eficaç: demaneu als estudiants que recitin, revisin o repeteixin la informació que han après.
- Facilitar l'elaboració dels estudiants: demaneu als estudiants que elaboren o expliquin detalls i aportin més complexitat a les seves respostes.
- Ajudar els estudiants a integrar nous coneixements: proporcionar contingut de forma rica en context (utilitzeu exemples del món real)

7. Proporciona comentaris.

Proporcioneu un feedback immediat del rendiment dels estudiants per avaluar i facilitar l'aprenentatge. Els tipus de comentaris inclouen:

- Retroalimentació confirmativa: informa l'alumne que van fer el que havia de fer.
- Retroalimentació correctiva i correctora: informa l'alumne de la precisió del seu rendiment o resposta.
- Retroalimentació: orienta els estudiants en la direcció correcta a trobar la resposta correcta, però no proporciona la resposta correcta.
- Feedback informatiu: proporciona informació (nova, diferent, addicions, suggeriments) a un estudiant i confirma que ha estat escoltant activament; aquesta informació permet compartir entre dues persones.
- Feedback analític: proporciona als estudiants suggeriments, recomanacions i informació per tal que corregeixin el seu rendiment.

8. Avaluar el rendiment.

Per tal d'avaluar l'efectivitat dels esdeveniments d'instrucció, heu de provar per veure si s'han aconseguit els resultats d'aprenentatge previstos. El rendiment s'ha de basar en objectius anteriorment indicats. Els mètodes per provar l'aprenentatge inclouen:

- Millor per dominar els requisits previs.
- Utilitzeu un pretest per a coneixements o habilitats finals.
- Realitzar un post-test per comprovar el domini dels continguts o habilitats.
- Incorporeu preguntes al llarg de la instrucció mitjançant preguntes o preguntes orals.
- Incloeu actuacions amb referència o objectius que es facin referència a un criteri que mesura el bé que un estudiant ha après d'un tema.
- Identificar actuacions de referència normativa que compare un estudiant amb un altre.

9. Millora la retenció i la transferència al lloc de treball.

Per ajudar els estudiants a desenvolupar competències, han d'interioritzar nous coneixements. Els mètodes per ajudar els estudiants a interioritzar nous coneixements són:

- Contingut de paràfrasis.
- Utilitzar metàfores.
- Generació d'exemples.
- Crear mapes conceptuals o esquemes.
- Creeu ajudes de treball, referències, plantilles o assistents.

Els nou esdeveniments d'instrucció de Gagné poden ajudar a crear el marc on preparar i entregar contingut d'instrucció. L'ideal seria que haureu de preparar els objectius del curs i els objectius d'aprenentatge abans d'implementar els nou esdeveniments (els objectius i els objectius realment ajudaran a situar els esdeveniments en el seu context adequat). Els nou esdeveniments d'instrucció es poden modificar per adaptar-se tant al contingut que es presentarà com al nivell de coneixement dels estudiants.

4.1.6. *Aplicació de les tècniques de gamificació en l'àmbit de la Prevenció de Riscos Laborals.*

Les tècniques utilitzades en l'àmbit de la gammificació tenen una principal rellevància en els punts, les insígnies i les taules de classificació. Cadascun d'aquests elements han de ser combinats de forma adequada per afavorir al treballador en completar l'aprenentatge obtenint l'objectiu principal, que és que el treballador aprengui a prevenir els riscos que envolten al lloc de treball.

La gamificació utilitza les capacitats cognitives i la dinàmica lúdica en contextos aliens als jocs per promoure pautes de conducta. La seva aplicació en Prevenció de Riscos Laborals és recent, centrat principalment en les activitats formatives.

La combinació d'emocions ajuda en ell procés d'aprenentatge i que en l'àmbit de la Prevenció de Riscos Laborals comporta canvis d'hàbits i fomenta conductes segures en l'entorn laboral.

Pedro R. Mondelo, director de l'CERpIE (Centre específic de Recerca per a la Millora i Innovació de les Empreses), afirma que les formes de treballar estan canviant en l'actualitat, tot i que encara persisteixen els accidents laborals. En aquest sentit, Mondelo va exposar que "des de la Universitat es treballa per conèixer com serà el treball de el futur" i es posen sobre la taula les estratègies més adequades per a cada organització, entre elles la gamificació, per tal de reduir la sinistralitat laboral".

"Les sessions d'entrenament s'acompanyen amb jocs interactius, que donen vida a les classes, evitant la monotonia. La seguretat pot resultar avorrida, massa tècnica", diu l'expert en seguretat Orville Watson (Florida). L'assumpte transcendent és que el joc proporciona un mitjà de captar l'interès d'aquells treballadors que es posen en risc, mostrant-los la manera de evitar-ho.

4.1.7. La Intel·ligència Artificial (AI) i el Machine Learning.

No tots els treballadors tenen el mateix nivell d'aprenentatge, capacitats per entendre una matèria d'àmbit diferent del que estan habituats, la motivació organitzacional necessària, etc. el fet d'aplicar tècniques amb un comportament més humanitzat, ajuden en adaptar uns escenaris generalment avorrits per les persones, en un entorn entretingut, per tal de fer-los agradables, sense perdre l'essència principal del curs que és aprendre la prevenció dels riscos en l'entorn laboral.

Com exemple, la necessitat del xat (*chatbot*) aplicat en el Moodle:

- Els estudiants tenen moltes preguntes (no directament relacionades amb els acadèmics)
- No es pot trobar informació que es troba dispersa a tot arreu.
- Necessitat de facilitar l'aprenentatge i l'ensenyament assistit per ordinador mitjançant converses, especialment per a l'aprenentatge d'idiomes, la psicologia estudis de cas, etc.
- Respon a les preguntes més freqüents.
- Mantenir l'usuari compromès a realitzar cursos en línia.

El concepte des xats:

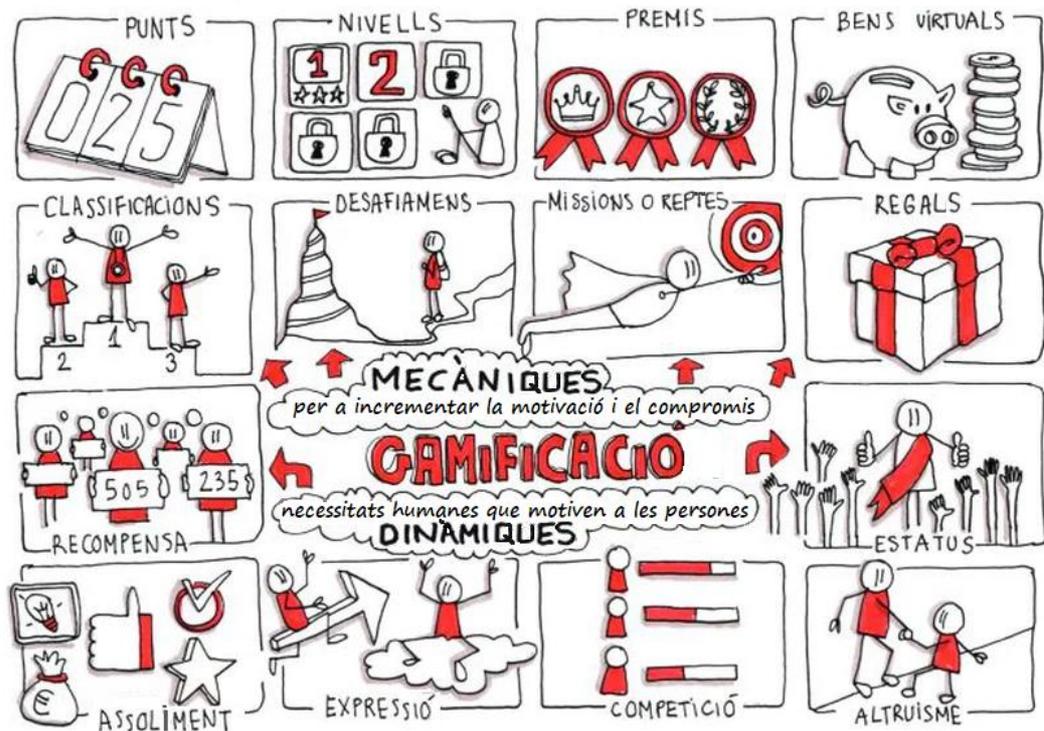
- Un xat és un servei alimentat per normes i, de vegades, per la intel·ligència artificial, amb què interactua mitjançant la interfície de xat.
- La Intel·ligència Artificial és quan el sistema fa alguna cosa que requereix intel·ligència.
- L'Aprenentatge automàtic: el xat segueix aprenent sense ser programat explícitament.
- El procés de la transformació del text de l'usuari en dades utilitzables s'anomena Natural Language Understanding (NLU).

4.1.8. Estructura del curs i l'aula formativa.

La formació amb tècniques d'aprenentatge, comentades anteriorment, requereixen de crear unes dinàmiques on es tingui en compte, un relat narratiu que embolcalli a l'alumne en l'història, unes activitats que permetin descobrir noves facetes en el coneixent del relat i activitats per desenvolupar un pensament crític.

La motivació ha d'estar acompanyat de suports multimèdia, vídeos que situïn el treballador en l'entorn de prevenció adequat al lloc de treball, imatges que descriguin el que les paraules pretenen comunicar, entorns interactius que motivin al treballador a discernir entre varies propostes, etc. en general paràmetres i mecàniques per aconseguir l'objectiu, informar i formar.

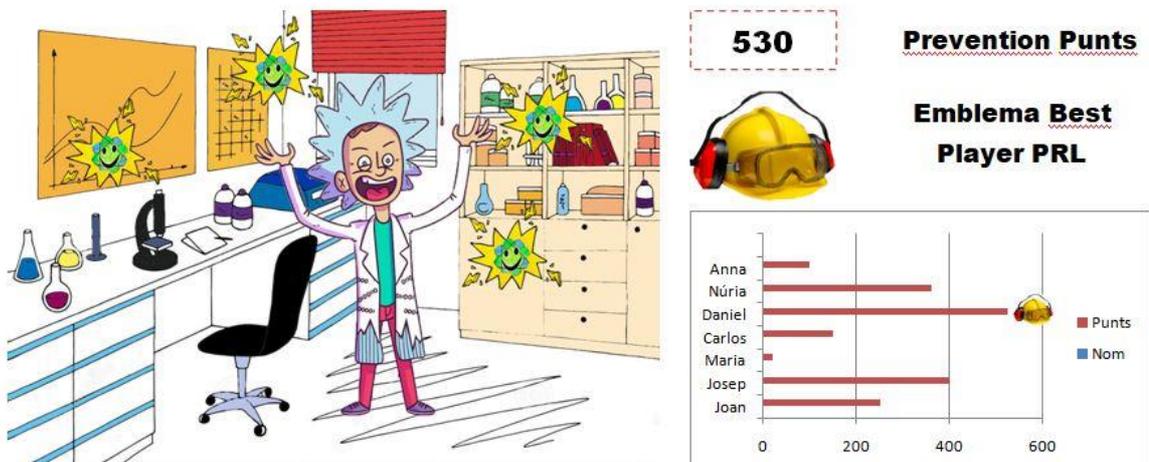
Les qualificacions i les proves de validació serveixen per conèixer el grau d'implicació de l'alumne en l'aprenentatge, aquestes dades han de servir per gestionar correctament el tipus de contingut necessari perquè l'alumne aconsegueixi el nivell del coneixement adquirit, a més, el corresponen certificat que validi l'aprenentatge realitzat.



Il·lustració 9. Gamificació. Dinàmiques i mecàniques.

La narrativa de la formació a de ser divulgativa, entretinguda i amb imatges que quedin en la ment del treballador, amb la capacitat de representar els riscos associats al lloc de treball i com aplicar les mesures correctores a partir dels límits d'exposició ambiental, com utilitzar adequadament el equips de protecció individual, on manipular les mostres de material amb nanopartícules ambientals, etc., aplicant en tot moment la pedagogia i metodologia requerida motivant la participació en la cerca del coneixement i l'aprenentatge.

A continuació, tenim una representació gràfica i dels diferents elements comentats anteriorment anomenats utilitzats en la gamificació:



Il·lustració 10. Representació gràfica, gamificació i PET.

4.2. Temàtica d'un curs de formació OnLine de PRL en l'àmbit de la Higiene Industrial.

4.2.1. Que són i tipus de Nanomaterials.

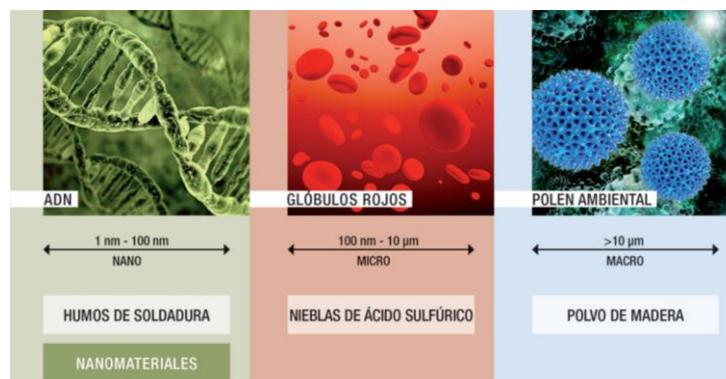
La Comissió Europea va adoptar en 2015 una recomanació sobre la definició de nanomaterial, entenent com a tal un material natural, accidental o fabricat que contingui partícules, soltes o formant un agregat o aglomerat, i en el qual el 50% o més de les partícules en la granulometria numèrica presenti una o més de les dimensions externes en l'interval de mides comprès entre un nanòmetre i 100 nanòmetres.

En casos específics i quan es justifiqui per preocupacions de medi ambient, salut, seguretat o competitivitat, el llindar de la granulometria numèrica del 50% pot substituir-se per un llindar comprès entre l'1% i el 50%.

La recomanació de la Comissió Europea també indica que:

- No obstant el que disposa el paràgraf anterior, els Fullerenes, els flocs de Grafè i els Nanotubs de carboni de paret simple amb una o més dimensions externes inferiors a 1nm han de ser considerats com nanomaterials,
- Quan sigui tècnicament possible i la legislació específica ho exigeixi, la conformitat amb la definició recomanada podrà determinar sobre la base de la superfície específica per unitat de volum. Un material s'ha de considerar inclòs en la definició quan la superfície específica per unitat de volum del material sigui superior a $60 \text{ m}^2/\text{cm}^3$. No obstant això, un material que, segons la seva granulometria numèrica, és un nanomaterial ha de considerar-se que respecta la definició fins i tot si el material té una superfície específica inferior a $60 \text{ m}^2/\text{cm}^3$.

La Comissió Europea recomana utilitzar aquesta definició de nanomaterial quan s'adoptin i apliquin legislació, polítiques i programes d'investigació sobre productes Nanotecnològics.



Il·lustració 11. Esquema comparatiu de les diferents escales de mides

Tipus de Nanomaterials manufacturats més comuns segons la classificació del document de treball de la Comissió de la Unió Europea SWD (2012) 288 final:

- Nanomaterials inorgànics no metàl·lics (inorganic non-metallic nanomaterials)
- Metalls i aliatges (metals and alloys)
- Nanomaterials amb base de carboni:
 - Fullerens (fullerenes)
 - Grafè (graphene)
 - Nanotubs de carboni (carbon nanotubes, CNT)
 - Nanofibres de carboni (carbon nanofiber, CNF)
 - Negre de fum (carbon black)
- Nanopolímers (nanopolymers) i Dendrímers (dendrimers)
- Punts quàntics (quantum dots)
- Nanoargiles (nanoclays)

4.2.2. *Riscos Higiènic a l'exposició d'agents Nanotecnològics.*

L'exposició laboral a Nanomaterials pot donar-se tant en cadascuna de les etapes del cicle de vida del Nanomaterial (la fabricació, la incorporació al producte intermedi o final, la utilització professional d'aquests productes i l'eliminació dels residus que els contenen), com en les tasques de manteniment i neteja.

Es pot produir una exposició a alguns nanomaterials de partícules per inhalació, ingestió i / o penetració de la pell, amb efectes adversos que resultin segons la mida, la dosi i la reactivitat de les partícules. Es pot esperar que el potencial d'exposició estigui relacionat amb l'estructura i la forma física del nanomaterial; les partícules encapsulades en una matriu o fortament adherides a un substrat tindran un potencial d'exposició inferior al de nanomaterials de partícules aerosolitzades "lliures", o aquells en pols que presentin una gran polsora.

Alguns nanomaterials de partícules poden tenir propietats perilloses inherents i es poden classificar com cancerígens o mutagens. També poden tenir altres propietats perilloses com ara tòxics, nocius, etc., tal com es classifiquen a la Classificació, l'etiquetatge i l'embalatge de substàncies i barreges: el Reglament CLP. Generalment s'acorda que els coneixements actuals sobre la toxicitat de nanomaterials de partícules és incompleta i les fitxes de dades de seguretat actuals no poden contenir adequadament tota la informació de seguretat requerida. Per tant, actualment és fonamental que s'utilitzi un enfocament de precaució quan es produeixen incerteses durant el risc d'exposició avaluació.

Es coneixen el foc i les explosions dels núvols de pols de substàncies orgàniques, inorgàniques i metàl·liques. La superfície potencialment més elevada i la reactivitat de les pols nanomaterials de partícules significa que aquest perill per a la seguretat hauria de ser seriosament considerat i abordat en les avaluacions del risc.

El sistema de classificació i etiquetatge de productes químics (GHS) globalment harmonitzat de les Nacions Unides proporciona una base harmonitzada per a la informació física, ambiental i de seguretat i seguretat global i uniformes a nivell mundial sobre substàncies i barreges químiques perilloses. Estableix criteris per a la classificació de productes químics per a riscos físics, químics, per a la salut i

ambientals de substàncies i barreges químiques i estableix informació de perillositat normalitzada per facilitar el comerç mundial de productes químics. El GHS va ser adoptat per les Nacions Unides el 2002 i s'actualitza periòdicament. La implementació del SGS a la UE el 2008 fa que la UE sigui un líder en la seva presa de possessió.

El GHS s'ha implementat a la UE pel Reglament (CE) n° 1272/2008 sobre classificació, etiquetatge i envasat de substàncies i barreges (el "Reglament CLP"). El Reglament CLP va entrar en vigor el 20 de gener de 2009. El termini per a la classificació de substàncies segons les noves regles va ser l'1 de desembre de 2010; per a les barreges, el termini és l'1 de juny de 2015. El Reglament CLP substitueix les normes anteriors sobre classificació, etiquetatge i envasat de substàncies (Directiva 67/548 / CEE) i preparats (Directiva 1999/45 / CE) després d'aquest període de transició.

D'acord amb l'estàndard GHS, CLP permet la identificació de productes químics perillosos i la comunicació d'aquests perills als usuaris mitjançant l'etiquetatge. També proporciona les bases per a les fitxes de dades de seguretat (SDS) regulades pel Reglament REACH i estableix els requisits per a l'embalatge de productes químics perillosos.

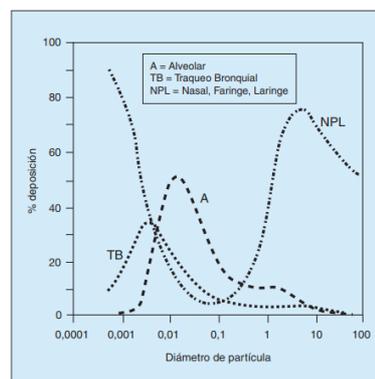
4.2.2.1. *Risc Inhalació dels agents nanomètrics.*

La via inhalatòria és la principal via d'entrada dels Nanomaterials en l'organisme, com ho és en general per a la gran majoria dels agents químics, i des del punt de vista de salut laboral, és la més preocupant. Així mateix, una vegada que són inhalats, poden dipositar-se en les diferents regions del tracte respiratori o ser exhalats, aquestes partícules no es dipositen en el tracte respiratori de forma uniforme sinó que depèn de la seva mida.

Quan existeix el risc de que els nanomaterials de partícules es transmetin a l'aire, s'han de fer servir les mesures següents per controlar i evitar l'exposició:

- Minimitzar la quantitat de nanomaterials de partícules que s'utilitzen alhora.
- Minimitzar el nombre de persones potencialment exposades.
- Minimitzar el temps d'exposició potencial.
- Garantir que tots aquells treballadors potencialment exposats a nanomaterials de partícules tinguin informació, instrucció i formació adequades i suficients.
- Utilitzeu controls d'enginyeria com ara Ventilació d'escapament local (LEV, *Local Exhaust Ventilation*) per controlar l'exposició a l'aire.
- Quan altres mesures de control no siguin raonablement practicables o no aconseguen un control adequat, l'ús d'equips de protecció respiratòria (RPE) és un control vàlid estratègia. El RPE només s'ha d'utilitzar quan es prenguin totes les altres mesures raonablement practicables, però aquestes per si mateixes no han aconseguit un control adequat.
- Eviteu el contacte amb la pell. Porteu sempre guants d'un sol ús i d'un sol ús adequats.

- On l'exposició de pols a la contaminació de la roba de treball pot ser significativa, utilitzeu roba feta a partir d'un teixit baix de retenció de pols i baix pols.
- Mantenir totes les ampolles o recipients que contenen nanomaterials de partícules tancades quan no estiguin en ús immediat, ja que s'ha demostrat que l'acció d'obrir els envasos que contenen nanomaterials de partícules lliures pot fer que es treguin del vaixell de manera que es transmetin a l'aire.
- Sempre que sigui possible, mantingui el nanomaterial de partícules humit o humit, o utilitzeu purins i eviteu processos energètics que puguin generar pols a l'aire per reduir el risc de que els nanomaterials de partícules siguin a l'aire.
- Utilitzeu una fulla de paper tovallola o un teixit humit a la banqueta quan pesi els nanomaterials de partícules i jugueu-la en una bossa de plàstic tancada si encara està humida.
- Utilitzeu una tovallola o un teixit de paper humit per eixugar els nanomaterials de partícules vessades i disposar-les en una bossa de plàstic tancada si encara està humida.



Il·lustració 12. Fraccions d'entrada per via inhalatòria de les nanopartícules

4.2.2.2. Risc d'absorció a través de la pell.

La via dèrmica és un altre possible via d'entrada dels Nanomaterials en l'organisme. Els factors a considerar són la zona i les condicions de la pell exposada així com les propietats fisicoquímiques del Nanomaterial.

Quan hi ha risc de que els nanomaterials de partícules entrin en contacte amb la pell, s'han de fer servir les mesures següents, a més de les detallades anteriorment per prevenir l'exposició per inhalació, per controlar i prevenir l'exposició:

- Canvieu els guants d'un sol ús després de cada tasca.
- Assegureu-vos que es retiren els guants de manera segura i es disposen de forma segura.
- Si és possible, utilitzeu instruments o eines per evitar el contacte amb la pell.
- És important tenir una bona neteja amb superfícies fàcils de netejar, contenir ruixats i mantenir neta la superfície del lloc de treball amb tovallolotes humides.

- També és important proporcionar una bona higiene personal, cura de la pell i instal·lacions assistencials adequades.
- Sempre renteu-vos les mans abans de sortir del laboratori o de l'àrea de treball.

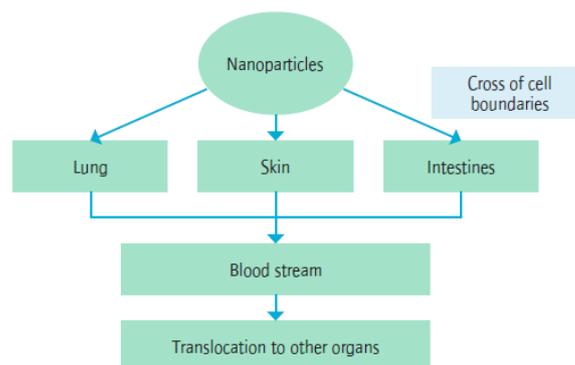
4.2.2.3. Risc d'ingesta.

La via digestiva és la via d'entrada menys probable i principalment està associada a la manca de mesures higièniques durant la manipulació de Nanomaterials.

La comprensió sobre l'exposició per ingestió al lloc de treball no està ben desenvolupada. Es considera que l'exposició a la ingestió al lloc de treball resulta principalment d'un contacte mà-a-boca. Es dedueix que les estratègies que tendeixen a reduir l'exposició dèrmica al lloc de treball també tendiran a reduir l'exposició per ingestió. La conversa d'això també és certa. En aquest moment no s'ha identificat cap investigació rellevant que hagi quantificat amb èxit l'exposició a nanopartícules per ingestió al lloc de treball o l'eficàcia de les estratègies per reduir aquesta exposició.

Degut a la falta de factors de risc per ingesta, utilitzar els factors per indicats en la "Guia tècnica per a l'avaluació i prevenció dels riscos relacionats amb els agents químics presents en els llocs de treball" corresponent al R.D. 374/2001, de 6 d'abril, es determinen els factors de riscos següents:

- Hàbits higiènics personals.
- Possibilitat de menjar o beure en els llocs de treball.
- Treballadors especialment sensibles.
- Exposició simultània a diversos agents.
- Procediment de treball inadequat en la manipulació de nanomaterials.
- La deglució dels nanomaterials retinguts en les vies altes de sistema respiratori.



Il·lustració 13. Moviment de les partícules en el cos humà.

4.2.2.4. Risc d'incendi i explosió.

Els riscos d'incendi i explosió dels Nanomaterials estan relacionats amb la seva perillositat intrínseca i amb les condicions de treball i emmagatzematge.

Hi ha núvols de pols de partícules de mida nanomètrica de certs metalls fàcilment oxidables com l'alumini que constitueixen un clar perill d'incendi i explosió.

En l'actualitat hi ha poques dades sobre el risc d'explosió associats als nanomaterials. No obstant això, hauria de ser possible predir el seu comportament extrapolant allò que ja se sap sobre les pols fines i ultrafines. Tanmateix, aquest enfocament no es pot implementar amb cap garantia d'èxit, ja que les propietats físiques i químiques s'alteren generalment una vegada que s'arriben a les escales de nanòmetres. Per regla general, la violència i la gravetat d'una explosió, així com la probabilitat de provocar-la solen augmentar a mesura que disminueix la mida de les partícules. Com més fina sigui la pols, més gran és l'augment de la pressió i menor serà l'energia d'activació necessària. Per tant, els nanomaterials solen ser més reactius, o efectivament més explosius, que la pols més gruixuda amb la mateixa composició química.

Cal complir al mateix temps diverses condicions perquè es produeixi una explosió:

- La presència de partícules combustibles en suspensió a l'aire i en concentració suficient (concentració dins del rang d'explosibilitat)
- La presència d'un agent oxidant (normalment oxigen a l'aire.)
- Un espai reduït i una font d'encesa (espurna, superfície calenta, fricció, llamps, etc.).

Les característiques de les partícules (composició química, distribució de la mida de les partícules, etc.) i les condicions ambientals (temperatura, humitat, etc.) afecten el rang d'explosibilitat. A més, és probable que diversos factors facilitin la suspensió de nanomaterials a l'aire i creïn així les condicions adequades perquè es produeixi una explosió:

- Deficient ventilació.
- Mètodes de treball no adequats (per exemple, neteja poc freqüent o neteja amb una pistola d'aire comprimit)
- Filtracions en l'equipament.
- Abocaments accidentals.
- Acumulació en les canonades, etc.

Alguns metalls fàcilment oxidables, com l'alumini, el magnesi i el liti, i també algunes substàncies orgàniques com els nanotubs de carboni, tenen un risc especial.

Per caracteritzar els materials des del punt de vista de la seva inflamabilitat i explosivitat s'utilitzen fonamentalment els paràmetres següents: l'energia mínima d'ignició (EMI), la temperatura mínima d'ignició en núvol (T_{min}) i la temperatura mínima d'ignició en capa (T_{Mlc}); la concentració mínima d'explosió (CME) i la severitat de l'explosió definida per la pressió màxima d'explosió (P_{max}), el gradient màxim de pressió (dP/dt) màxima i l'índex de deflagració (K_{st}), que és una constant característica de cada tipus de pols combustible i un paràmetre clau per al disseny de les mesures de protecció contra explosions.

No tots els paràmetres anteriors en els diferents materials, a escala nanomètrica, es comporten d'igual manera, per tan no es pot extrapolar. En el cas de la pols d'alumini, el comportament és:

- L'energia mínima d'ignició (EMI) disminueix amb la mida de partícula, això vol dir que en menor quantitat d'energia pot inflamar-se.
- La temperatura mínima d'ignició (TMI) també s'ha observat que presenta valors menors a l'disminuir la mida de partícula de micro a nano.
- La concentració mínima d'explosió (CME) no sembla variar.
- A l'índex de deflagració (Kst), no hi ha unanimitat. Hi ha estudis que associen la disminució de la mida de partícula amb un valor de Kst més alt, i altres estudis amb un valor menor que el justifiquen per la formació d'un embolcall prima d'òxid al voltant de les partícules nanomètriques.

En definitiva sobre els riscos d'incendi i explosió, la recomanació seria:

- Com a punt de partida la informació disponible per a mides de partícula superiors a la nanomètrica, especialment la que més s'aproximi a aquesta fracció de mida.
- Els riscos d'incendi i explosió de les formes nano són, com a mínim, les associades a les partícules de major grandària de el mateix material.
- Atès que un agent oxidant i un material combustible és molt freqüent al lloc de treball, el risc d'incendi és extremadament elevat si hi ha fonts d'energia. Entre aquests, el treball amb fonts de calor és una causa important d'accidents.

4.2.3. *Avaluació de l'exposició.*

4.2.3.1. *Gestió i fabricació en el laboratori.*

La manipulació activa de nanopartícules en forma de pols dins de sistemes no tancats representa el risc més gran d'exposició per inhalació. Les activitats que causen l'emissió d'aerosols de nanopartícules a partir de compostos aquosos, suspensions o solucions constitueixen un risc potencial d'inhalació i exposició dèrmica. El treball mecànic, el polit, la perforació o altres mecanismes de pertorbació de materials que contenen nanopartícules poden ocasionar l'aerosolització de les nanopartícules. En aquest cas el tancament de les zones pot minimitzar l'afectació.

Una avaluació de l'exposició ha d'identificar tasques que poden exposar els treballadors a nanomaterials i també identificar els investigadors que realitzen aquestes tasques. Aquesta avaluació revisaria els processos i els plans de flux de materials de la instal·lació i l'estat de projectes específics. Inclouria entrevistes al personal i un passeig a través de la instal·lació (laboratori) per garantir que s'identifiquessin totes les activitats i les possibles vies d'exposició. L'inventari de tasques i treballadors ha d'incloure informació sobre la magnitud potencial, la durada i la freqüència d'exposició durant diferents tasques de treball, o en processos específics, i la quantitat de materials que s'utilitzen. S'han d'avaluar les pràctiques de treball actuals i els controls d'enginyeria existents.

Les tasques de treball han de ser inventariades i prioritzades segons el potencial d'exposició laboral. Entre els exemples de tasques i activitats del producte destaquen:

- Recepció, empaquetatge i lliurament de material.
- Operacions de laboratori (activitats de síntesi, analítica i assegurement de la qualitat).
- Neteja i manteniment.
- Emmagatzematge, embalatge i enviament.
- Emergències raonablement previsibles.
- La gestió de residus.

Els determinants d'exposició potencial a nanomaterials poden incloure polseria, tipus de procés, quantitat de material manipulats i durada i freqüència d'exposició dels empleats. A continuació, es resumeixen aquests elements i s'han de tenir en compte a l'hora d'implementar mesures de control de l'exposició.

- **Pols.** La polvorització del nanomaterial pot influir en exposicions potencials i en la selecció del control d'enginyeria adequat. La polsitat descriu la tendència de les partícules a arribar i / o a mantenir-se en l'aire i es refereix no només a la forma física del nanomaterial, sinó també a les forces repulsives electrostàtiques inherents a la partícula.
- **Procés.** Alguns processos de manipulació, síntesi i fabricació de materials poden augmentar el risc d'exposició dels empleats. La manipulació oberta i manual de nanomaterials a granel, així com processos d'alta energia com el fresat, la sonicació, la mòlta i la barreja a gran velocitat, poden causar l'alliberament de nanomaterials.
- **Quantitat, durada i freqüència de la tasca.** La quantitat de nanomaterial que es sintetitza, rep o es manipula al laboratori influirà significativament en el potencial d'exposició. Els laboratoris d'investigació poden manejar quantitats que van des de mil·ligrams fins a diversos grams o fins i tot quilograms de nanomaterial. A mesura que augmenten les quantitats, es poden requerir mesures addicionals de control. El potencial d'exposició pot estar influït per la durada i la freqüència de la tasca (es). Les quantitats petites que s'utilitzin sobre una base poc freqüent poden no requerir el mateix nivell de mesura que necessitarien les grans quantitats utilitzades diàriament.

4.2.3.2. *Neteja i manteniment.*

Netejar i remoure nanopartícules pot causar exposició si no es realitza adequadament. El manteniment i neteja dels sistemes de producció o dels sistemes de recollida de pols pot generar exposició, si es remouen les nanopartícules dipositades.

La neteja de la zona de treball i tots els equips després de l'ús o després d'un vessament mitjançant neteja en sec:

- No raspallar.

- No utilitzar aire comprimit per a la neteja.
- No utilitzar aspirador estàndard.

Si un aspirador és l'únic mitjà pràctic raonable de neteja, ha de ser un netejador dedicat, comercial, amb filtra HEPA i el filtre i la bossa que contenen la pols nanomaterial de partícules canvien regularment en condicions controlades. S'ha de llençar el filtre i la bossa de forma adequada i segura. El netejador en si només s'ha d'utilitzar per a aquesta tasca i haurà de descontaminar-se al final de la seva vida abans d'abandonar-lo, prenent un mètode de precaució.

Les operacions de manteniment poden donar lloc a situacions d'exposició a nanomaterials, fins i tot en major mesura que les operacions descrites anteriorment pel que és especialment important la seva consideració. Els treballadors de manteniment poden estar exposats a nanomaterials procedents dels productes que utilitzen, dels equips i instal·lacions que s'encarreguen de mantenir, dels dispositius en les superfícies de treball, així com dels que es poden generar en operacions inherents a l'propri manteniment, per exemple: neteja, tall, mòlta o polit.

Algunes operacions de manteniment que poden ocasionar exposicions a nanomaterials són:

- Operacions en les que s'utilitzin productes líquids que continguin nanomaterials (per exemple: lubricants, pintures, recobriments, adhesius).
- Mecanitzat de materials o qualsevol altra operació que pugui danyar la seva estructura.
- Manteniment d'equips utilitzats per produir o processar nanomaterials o productes que contenen nanomaterials.
- Neteja dels sistemes de recollida de la pols utilitzats per capturar nanomaterials.
- Neteja dels vessaments de nanomaterials.
- Transport i eliminació de material que conté nanomaterials.

4.2.3.3. *Gestió d'abocament de residus.*

El desenvolupament de procediments per protegir els empleats de l'exposició a Nanomaterials durant la neteja de vessaments i superfícies contaminades per vessaments és necessari. L'exposició a la inhalació i a l'absorció per la pell presenta probablement els majors riscos. El potencial d'exposició per inhalació durant la neteja estarà influït per la probabilitat que els Nanomaterials es transmetin a l'aire, la forma de pols que presenta un potencial d'inhalació més gran que els Nanomaterials en solució i els líquids al seu torn presenten un risc potencial més gran que els Nanomaterials encapsulats.

S'han de gestionar com a perillosos les restes de Nanomaterials purs, les suspensions líquides o les matrius amb Nanomaterials, els objectes o envasos contaminats, els filtres de ventilació, les bosses de l'aspiradora, els equips d'un sol ús de protecció respiratòria i de la pell, etc., llevat que es conegui que no presenten perills potencials.

És recomanable que, tant els productes que han arribat a la fi de la seva vida útil o que van a ser rebutjats per qualsevol altre motiu, com els materials contaminats durant el procés (equips de protecció individual (EPI), filtres de sistemes d'extracció, material de neteja, etc.) es tractin com a residus perillosos, complint amb els requisits de la legislació aplicable de residus. L'exposició a partícules nanomètriques pot produir-se tant durant les operacions realitzades sobre el residu en el propi centre de producció (envasat, etiquetatge i emmagatzematge), com en les etapes de gestió del residu (reutilització, reciclatge, altres operacions de valorització o eliminació), especialment en aquelles activitats que suposin generació de pols procedent d'aquests residus.

S'han de tractar com a residus nanomaterials els següents:

- Productes que no compleixen els criteris de producció requerits, residus, mostres, etc. ja siguin en forma sòlida o líquida (objectes nano en forma de suspensió líquida, pols, gel o incorporats a una matriu).
- Envasos i envasos del producte buits.
- Líquids de neteja.
- Filtres per a instal·lacions de ventilació.
- Bosses i filtres per a aspirador.
- Equips de protecció per a la pell i respiratoris personals d'un sol ús (guardapols, abrics, filtres, etc.).
- Draps contaminants de neteja i paper absorbent.

4.2.4. *Categorització del risc i Gestió dels riscos.*

4.2.4.1. *Factors de severitat que afecten a l'exposició de nanopartícules.*

Per al càlcul de la severitat, de tal manera que assigna a cada factor un valor que contribuirà a la puntuació total.

En aquest cas, el 70% de la puntuació de severitat procedeix de dades del nanomaterial (un 40% de les seves propietats fisicoquímiques i un 30% de les toxicològiques) i el 30% restant es deu a la informació disponible del material pare quant a les seves propietats toxicològiques [6].

Com a resultat de la suma de la puntuació de cada factor, s'obtenen quatre categories de severitat: baixa, mitjana, alta i molt alta.

Aquestes categories es defineixen segons el nivell de gravetat del perill d'una substància química resultant de l'anàlisi de la informació disponible, avaluada per persones competents. Aquesta informació pot estar relacionada amb diversos criteris de toxicitat, descrits o sospitosos, a la literatura o documentació tècnica (etiquetatge, classificació del producte).

En el cas concret dels nanomaterials fabricats, s'han tingut en compte criteris com la capacitat de creuar barreres biològiques, la naturalesa fibrosa o, més difícil de definir, el concepte de biopersistència. Aquests factors també poden estar relacionats amb les propietats físiques i químiques del material, com la química superficial, la forma cristal·lina, la morfologia i la mida de les partícules, etc.

BANDA SEVERIDAD		
PARÁMETRO	CATEGORÍA	PUNTUACIÓN
Reactividad de la superficie	Alta	10
Forma de la nanopartícula	Esférica	0
Diámetro de la nanopartícula	60 nm	0
Solubilidad	Insoluble	10
Carcinogenicidad de la nanopartícula	No	0
Toxicidad para la reproducción de la nanopartícula	No	0
Mutagenicidad de la nanopartícula	No	0
Toxicidad dérmica de la nanopartícula	Sí	6
Capacidad de generar asma de la nanopartícula	No	0
Toxicidad del material padre	>100 µg/m ³	0
Carcinogenicidad del material padre	No	0
Toxicidad para la reproducción del material padre	No	0
Mutagenicidad del material padre	No	0
Toxicidad dérmica del material padre	No	0
Capacidad de generar asma del material padre	No	0
PUNTUACIÓN SEVERIDAD		26 MEDIA

Il·lustració 14. Puntuació de severitat d'exposició a nanopartícules.
https://nanohub.org/groups/gng/control_banding

4.2.4.2. Factors de probabilitat que afecten a l'exposició de nanopartícules.

La concentració, la durada i la freqüència de l'exposició tenen un efecte en l'exposició, al igual que, la capacitat que tenen les nanopartícules de dispersar-se fàcilment com pols (per ex., en forma de talc) o com gotes o aerosols de transmissió a l'aire, poden causar una major exposició als treballadors, és important l'ús de controls tècnics com a mesura de protecció per reduir l'exposició dels treballadors.

Per estimar l'exposició dels treballadors a nanopartícules, utilitzant metodologies simplificades, es considera la possibilitat que les nanopartícules passin a l'ambient, la qual cosa augmenta principalment la probabilitat d'inhalació, però també la de contacte amb la pell.

La màxima puntuació és 100 i es calcula sumant la puntuació de cada un dels factors que es detallen a continuació:

- Quantitat estimada de nanomaterial per tasca (25)
- Pulverulència o capacitat de formar boires (30)
- Nombre d'empleats amb exposició similar (15)
- Freqüència de l'operació (15)
- Durada de l'operació (15)

Una dada desconegut suposaria el 75% de la màxima de la categoria (que apareix entre parèntesi en la llista).

Cadascun dels factors obté un percentatge de la puntuació: alt, mitjà, baix o desconegut. La il·lustració 15 resumeix les puntuacions proposades.

La pulverulència (o la capacitat de formar boires) és un paràmetre per al qual pot ser complicat decidir la categoria. Fonts d'informació poden ser la utilització de comptadors de nanopartícules, el coneixement del procés o observacions com la contaminació de les superfícies de treball. A més, si aquest paràmetre és considerat nul, automàticament es considera el risc "extremadament improbable", perquè és evident que si el material no passa a l'ambient, la resta dels factors considerats no tenen importància.

BANDA PROBABILIDAD		
PARÁMETRO	CATEGORÍA	PUNTUACIÓN
Cantidad de producto	> 100 mg	25
Pulverulencia	Alta	30
Número de trabajadores expuestos	6-10	5
Frecuencia de la operación	Diaria	15
Duración de la operación	> 4 horas	15
PUNTUACIÓN PROBABILIDAD		90 MUY PROBABLE

Il·lustració 15. Puntuació de probabilitat d'exposició a nanopartícules.

4.2.4.3. Control Banding.

El control Banding és una estratègia qualitativa per avaluar i gestionar els riscos associats a exposicions químiques en el lloc de treball. El concepte s'utilitza per gestionar exposicions a materials potencialment perillosos mitjançant l'aplicació d'un dels quatre enfocaments de control recomanats. Aquest concepte es basa en la premissa que, tot i que existeixen molts riscos químics, hi ha un nombre limitat de controls. Per determinar l'estratègia de control adequada, cal tenir en compte les característiques de la substància, el potencial d'exposició i el perill associat a la substància. A mesura que augmenta el potencial perjudicial per al treballador, també s'incrementa el grau de control necessari per gestionar el risc.

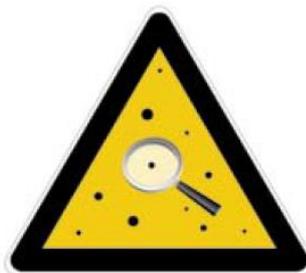
Les quatre bandes de control solen ser les següents:

- **Banda 1 (RL1):** Utilitzar pràctiques adequades d'higiene industrial i ventilació general.
- **Banda 2 (RL2):** Utilitzar un control d'enginyeria, el sistema més normalitzat es correspon amb sortides de ventilació localitzada. La ventilació d'escapament localitzada com a mesura normalitzada, però també inclou altres tipus de controls d'enginyeria, però no de contenció.
- **Banda 3 (RL3):** Encapsular el procés o contenció. Conteniu o tanqueu completament el perill, com ara dins d'una caixa de guants.
- **Banda 4 (RL4):** Consulteu assessorament expert. Cal seleccionar les mesures de control adequades per als experts.

A continuació, es mostra un exemple de com es pot utilitzar la banda de control (*Control Banding*) respecte als nanomaterials:

Control de l'exposició.

- Establiu zones designades per a control de bandes.
 - Exemples: un laboratori o una zona de fabricació sencera o una part de la superfície més gran, com ara una caputxa o una guanterera.
- Les zones designades es mostren amb senyals d'avís que informen als empleats que entren en una àrea de treball nanomaterial.



Il·lustració 16. Pictograma "Risc d'exposició a nanomaterials."

- Els signes especifiquen els controls administratius i els equips de protecció personal necessaris per a l'entrada.
- Utilitzar la taula següent per determinar el nivell de risc global de l'activitat i les estratègies de control adequades.

		PROBABILIDAD			
		EXTREMADAMENTE IMPROBABLE (0-25)	POCO PROBABLE (26-50)	PROBABLE (51-75)	MUY PROBABLE (76-100)
SEVERIDAD	MUY ALTA (76-100)	RL3	RL3	RL4	RL4
	ALTA (51-75)	RL2	RL2	RL3	RL4
	MEDIA (26-50)	RL1	RL1	RL2	RL3
	BAJA (0-25)	RL1	RL1	RL1	RL2

Il·lustració 17. Determinació del nivell de risc en funció de la severitat i la probabilitat de risc.

Nanomaterial	Parameter	OEL	References
General	0.004% risk level	Mass-based OEL: 15	OECD (2008)
Titanium dioxide	0.1 risk level particles < 100 nm	0.1 mg/m ³	NIOSH (2005)
General dust		3 mg/m ³	BAuA (2009)
Photocopier Toner	[Tolerable risk 2009 acceptable risk 2018 acceptable risk	0.6 mg/m ³ 0.06 mg/m ³ 0.006 mg/m ³	BAuA (2008b)
Biopersistent granular materials (metal oxides, others)	Density > 6,000 kg/m ³	20,000 particles/cm ³	IFA (2009)
Biopersistent granular materials	Density < 6,000 kg/m ³	40,000 particles/cm ³	IFA 2009
CNTs	Exposure risk ratio for asbestos	0.01 f/cm ³	IFA (2009)
Nanoscale liquid		Mass-based OEL	IFA (2009)
Fibrous	3:1; length 75,000 nm	0.01 f/cm ³	BSI (2007)
CMAR ^a		Mass-based OEL: 10	BSI (2007)
Insoluble	Not fibrous	Mass-based OEL: 15	BSI (2007)
Soluble	Not fibrous	Mass-based OEL: 10	BSI (2007)
	Not CMAR		
MWCNT	Bayer product only	0.05 mg/m ³	Bayer (2010)
MWCNT	Nanocyl product only	0.0025 mg/m ³	Nanocyl (2009)

^a Carcinogenic, mutagenic, asthmagenic, and reproductive toxicants

Il·lustració 18. Proposta de Límits d'exposició ocupacional OEL (Occupational Exposure Limit) per a nanopartícules dissenyades.

4.2.5. Mesures de prevenció i protecció.

4.2.5.1. Eliminació o substitució.

Els potencials riscos dels Nanomaterials es poden eliminar bé evitant el seu ús, o reemplaçant el Nanomaterial per un menys perillós, tenint en compte les característiques i condicions d'ús per a assegurar-se que el risc s'ha reduït.

Es poden eliminar els riscos que comporta un MNM (Nanomaterial fabricat; és a dir, un nanomaterial fabricat deliberadament en lloc d'un nanomaterial que es produeix de forma natural o que sorgeix com a conseqüència involuntària de les activitats humanes), o bé no s'utilitza o es substitueix per un agent menys perillós, tenint en compte les seves condicions d'ús. Les MNM (o la seva forma a granel) classificades com cancerígens o mutàgens haurien de ser considerades prioritàries per a la substitució.

4.2.5.2. Modificació del procés.

Minimitzar l'exposició es pot realitzar mitjançant canvis en els procediments de treball, com pot ser reduir la quantitat de Nanomaterial en determinades activitats o substituir els Nanomaterials en forma de pols per una altra forma de presentació en la qual el Nanomaterial estigui en medi líquid o encastat en una matriu sòlida.

Per tant, canviar el procés per reduir el grau d'afectació:

- Manipulant els Nanomaterials Fabricats en suports líquids o enllaços de Nanomaterials en medis sòlids.
- Reduint la quantitat de Nanomaterials gestionats, sempre que sigui possible.

- Canviar els procediments de treball per minimitzar l'exposició.
- Substituir els nanomaterials en forma de pols per una altra forma de presentació en la qual el nanomaterial estigui en medi líquid o encarnat en una matriu sòlida.
- Aïllar o tancar. Totes les operacions que impliquen el probable alliberament de Nanomaterials a l'aire es realitzen en instal·lacions contingudes o en instal·lacions que es poden operar de forma remota des d'una àrea protegida.

4.2.5.3. *Mesures i tècniques de control.*

Quan no és possible l'eliminació o substitució, i es requereix reduir l'emissió del contaminant en la font, realitzar la captura formant una barrera entre la font i el treballador, és una solució viable.

Quan s'incorporen mesures tècniques s'han de considerar possibles interferències amb el procés o activitat, així com la possibilitat que aquestes mesures dificultin la tasca als treballadors.

Entre les mesures tècniques de control es troben les cabines (caixes de guants, aïlladors de laboratori o cabines de seguretat biològica) i altres sistemes d'extracció localitzada. Fins a la data, l'eficàcia d'aquestes mesures de control no ha estat comprovada en detall per nanomaterials, però és d'esperar que el seu rendiment no varii en excés amb l'aconseguit per a altres tipus de contaminants. El disseny de la campana i el cabal de treball seran fonamentals per a un correcte funcionament.

- En relació amb aquests sistemes de control, és important considerar els següents aspectes:
- Utilitzar campanes que tanquin el focus al màxim i situades el més a prop possible del mateix.
- Emprar sistemes de recollida per filtració amb filtres d'alta eficàcia HEPA de classe H14 o ULPA.
- Els conductes de el sistema d'extracció han de ser resistents als nanomaterials manipulats, ja que aquests poden ser més reactius que els seus parells en l'escala no nano, prestant especial atenció a les juntes per evitar possibles fuites.

4.2.5.4. *Mesures organitzatives.*

Aquest tipus de mesures no s'han d'usar de forma aïllada, sinó que s'han de desenvolupar de manera conjunta i paral·lela a la resta de mesures tècniques. Algunes de les mesures organitzatives:

- Limitar el nombre de treballadors exposats.
- Senyalitzar les àrees de risc.
- Formar i informar regularment als treballadors exposats a riscos potencials, així com de les mesures preventives a adoptar.
- Mantenir el local en les correctes mesures d'ordre i neteja.
- Establir mesures d'actuació en cas basaments accidentals.
- Pautes específiques per l'emmagatzematge de Nanomaterials.
- Mesures d'higiene adequades.

Quan es treballa amb nanomaterials, utilitzeu un espai aïllat tant com sigui possible de la resta del laboratori, amb el mínim de persones en aquest espai.

- Mantenir les portes del laboratori tancades i limitar l'accés al laboratori (per exemple, mitjançant targetes clau) per evitar l'accés no autoritzat.
- Publiqueu advertències adequades als laboratoris, incloent-hi les mesures que cal adoptar per protegir els investigadors i visitants del laboratori dels riscos d'exposició.
- Utilitzeu la ventilació locals a totes les àrees de recollida i transferència de materials, quan sigui possible.
- Cobrir tots els contenidors quan no s'utilitzin.
- Utilitzar l'aire de subministrament 100% fresc. No recircular l'aire de l'habitació.

4.2.5.5. *Etiquetatge i emmagatzematge.*

Segons la norma de comunicació de perillositat OSHA, 29 CFR 1910.1200, els empresaris han d'etiquetar tots els productes químics perillosos al lloc de treball. Els nanomaterials s'han d'emmagatzemar en contenidors etiquetats que indiquen el seu contingut i forma química. Els líquids o partícules seques sempre s'han d'emmagatzemar en contenidors irrompibles i ben tancats.

S'ha d'utilitzar contenció secundària quan correspongui. Cal indicar una senyalització adequada que indiqui el perill, els requisits dels equips de protecció personal (EPI) i qualsevol altra informació pertinent als punts d'entrada a zones on es manipulin o emmagatzemin nanomaterials i altres compostos perillosos.

4.2.5.6. *Ventilació dels locals.*

El concepte general de la ventilació per controlar les exposicions professionals a contaminants atmosfèrics, inclosos els Nanomaterials, és eliminar l'aire contaminat del medi de treball. El concepte general de la ventilació per controlar les exposicions professionals a contaminants atmosfèrics, inclosos els Nanomaterials, és eliminar l'aire contaminat del medi de treball. La ventilació general es pot utilitzar per assolir diversos objectius per al control de contaminants en el lloc de treball.

Un sistema de ventilació d'aire de subministrament adequat, pot proporcionar la ventilació de la planta, la pressió de l'edifici i la substitució de l'aire d'escapament. A mesura que s'instal·len noves campanes d'escapament locals a la zona de producció, és important tenir en compte la necessitat d'aire de substitució, la ubicació de la instal·lació del capó i la necessitat de reequilibrar el sistema de ventilació. En general, és necessari equilibrar la quantitat d'aire esgotat amb una quantitat d'aire de subministrament gairebé igual.

Tots els llocs de treball han de complir els requisits mínims de ventilació establerts a la Directiva 89/654/CEE, més precisament:

5. Ventilació de llocs de treball tancats.

5.1. S'han de prendre mesures per comprovar que hi hagi suficient aire fresc als llocs de treball tancats, tenint en compte els mètodes de treball emprats i les exigències físiques dels treballadors. Si s'utilitza un sistema de ventilació forçada, es mantindrà en funcionament.

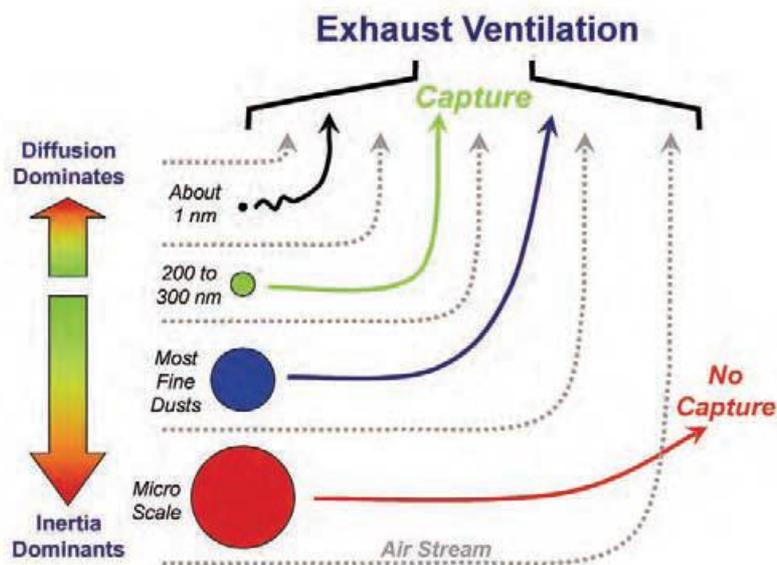
Qualsevol avaria ha de ser indicada per un sistema de control on això sigui necessari per a la salut dels treballadors.

5.2. Si s'utilitzen instal·lacions de climatització o ventilació mecànica, han de funcionar de manera que els treballadors no estiguin exposats a corrents d'aire que causin molèsties.

Qualsevol dipòsit o brutícia que pugui generar un perill immediat per a la salut dels treballadors contaminant l'atmosfera s'ha d'eliminar sense demora.

En general, les campanes tancades són preferides a les campanes exteriors, perquè els contaminants es troben dins del pròpia cabina.

La campana proporciona una barrera entre el treballador i el contaminant. S'ha de proporcionar un flux d'aire suficient a través de qualsevol obertura del recinte per assegurar-se que els contaminants no se n'escapen. El flux d'aire a través de les obertures s'especifica generalment com a certa velocitat facial necessària a l'obertura i el valor depèn del disseny i l'aplicació de la cabina. Pot ser difícil triar la velocitat de la cara adequada per aconseguir un cabal adequat per tancar les campanes amb grans obertures. La majoria de les campanes químiques de laboratori estan dissenyades per funcionar a la velocitat de la cara de 100 peus / min, cosa que pot generar problemes a causa de turbulències. La turbulència pot reduir l'eficiència de captura de la cabina i pot pertorbar partícules assentades. Les campanes exteriors són menys preferides perquè han de crear una velocitat de captura en el punt de generació de contaminants per capturar el contaminant i atraure-la a la cabina.

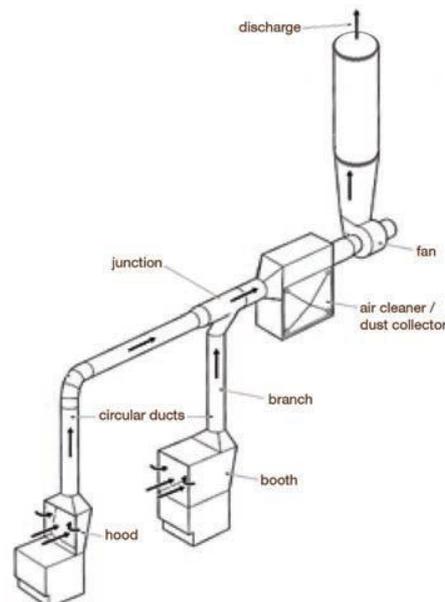


Il·lustració 19. Sistemes de ventilació. Afectació segons la mida de la nanopartícula.

Control de l'exposició de partícules (il·lustració de com la difusió i la inèrcia relacionades amb el diàmetre de partícules influeixen en l'eficiència de captació de partícules en un sistema de ventilació). Les partícules amb un diàmetre de 200–300 nm tenen una difusió i propietats inercials mínimes i es transporten fàcilment movent l'aire i es capten. El moviment de partícules per difusió domina cada cop més, ja que el diàmetre de les partícules disminueix per sota de 200 nm. El comportament inercial de partícules més grans, especialment les expulsades de processos energètics com la mòlta, augmenta significativament amb el diàmetre de la partícula, permetent-los creuar els fluxos d'aire en moviment i evitar la captura.

4.2.5.7. Ventilació localitzada.

La ventilació d'escapament local (LEV) és l'aplicació d'un sistema d'escapament prop o en la font de contaminació. Si es dissenya correctament, serà molt més eficient eliminar els contaminants que la ventilació diluïda, necessitant volums d'escapament inferiors, menys aire de configuració i, en molts casos, menors costos. Amb l'aplicació ventilació des de l'origen, amb la utilització de campanes d'extracció i sistemes de conducció d'aire, s'utilitzen per eliminar els contaminants abans d'entrar a l'entorn general de treball.



Il·lustració 20. Un sistema de ventilació d'escapament local amb netejador d'aire.

A causa del potencial desconegut dels nanomaterials, es dicta un enfocament més conservador del control de la ventilació, amb èmfasi en els sistemes tancats. En general, les campanes tancades són preferides que les campanes obertes, perquè els contaminants es troben dins de la pròpia cabina. La cabina proporciona una barrera entre el treballador i el contaminant.

El ventilador d'escapament introdueix un flux d'aire volumètric constant que es mou a través de l'obertura del cargol. Per a aquest disseny de la campana, la velocitat de la cara és més baixa quan la finestra és ben oberta; el tancament de la finestra augmenta la velocitat de la cara.

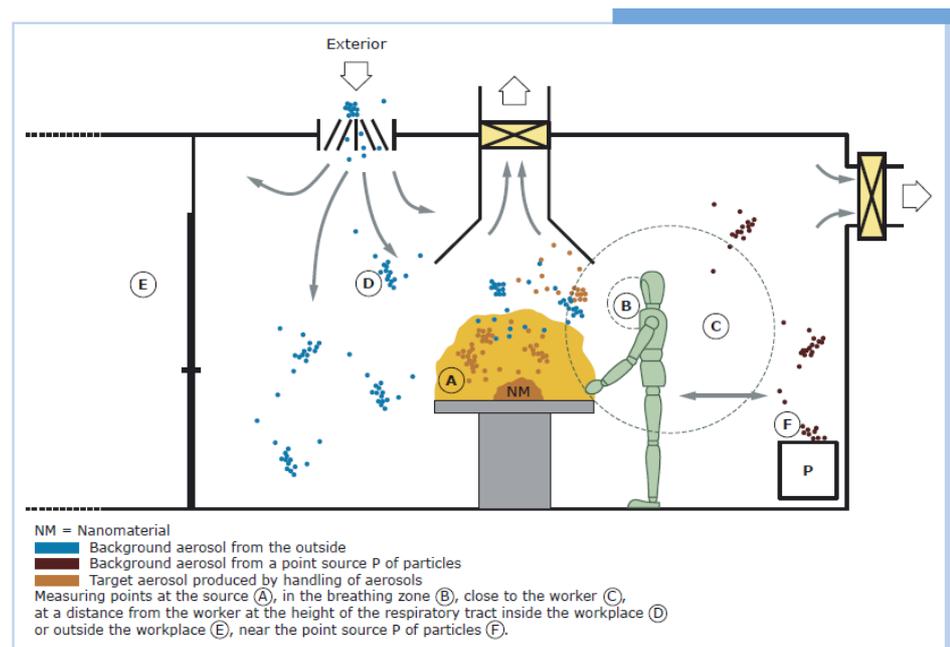
Això permetrà que el disseny utilitzi cabals òptims i ubicacions de captació, maximitzant la captura de contaminants alhora que minimitzem l'impacte sobre el procés i reduïm els costos operatius. El LEV sol implicar cinc components:

- Campana d'escapament. Uns exemples inclouen una campana de tancament que conté el contaminant, una campana receptora per capturar o rebre un contaminant que es desprèn a alta velocitat (per exemple, un eix de mòlta) o simplement un conducte obert.
- Conducte. Transporta el contaminant a través del sistema de ventilació d'escapament.
- Netejador d'aire. Redueix la concentració del contaminant al corrent d'aire d'escapament; pot ser o no és necessària.
- Ventilador. Mou l'aire pel sistema d'escapament.
- Pila d'escapament. Instal·lat on el sistema d'escapament descarrega l'aire.

4.2.5.8. Sistemes de confinament o aïllament.

És recomanable que les operacions que impliquin un potencial alliberament de Nanomaterials en el lloc de treball es realitzin en instal·lacions independents o en instal·lacions en què la manipulació es realitzi des d'una àrea protegida.

Es decidirà recomanar el confinament o aïllament amb filtració i recirculació en base al criteri de prevenció, que recomana optar, en cas de dubte, per la solució que porti una protecció major. A més, aquesta solució és compatible amb les manipulacions d'alcalde que poden plantejar plantes en el futur. L'equip recomanat és una vitrina de guants (guantera), que conté amb un sistema de recirculació de l'aire filtrat mitjançant filtres d'alta eficiència HEPA o ULPA.



Il·lustració 21. Possibles punts de mesura en un lloc de treball on un treballador gestiona un nanomaterial.

4.2.6. Equips de Protecció Individual (EPI)

Els Equips de Protecció Individual (EPI) són l'últim recurs entre les mesures de control possibles i només s'han d'utilitzar quan les mesures de control tècnic i organitzatiu adoptades no assegurin un nivell adequat de protecció al treballador. La selecció, ús i manteniment dels equips de protecció individual és, així mateix, fonamental per garantir la seguretat i salut dels treballadors. La protecció efectiva o real només s'aconsegueix mitjançant l'EPI apropiat, correctament ajustat i usat, i mantingut adequadament.

Segon un informe del projecte europeu integrat al sexe Programa Marco (PM6) «*Nanosafe*», publicat el gener del 2008, sobre l'eficiència de determinats materials i equips de protecció individual, els següents materials i recomanacions seran els més adequats per utilitzar quan existeixi exposició a nanomaterials:

Protecció respiratòria:

- P3 i FFP3 (filtres fibrosos, fibra de vidre, cel·lulosa).
- Realització de proves d'estabilitat de la protecció respiratòria: per a cada individu.

Protecció dèrmica (consideracions a tenir en compte):

- Idoneïtat davant riscos i condicions de treball.
- Ergonomia del usuari (individual).
- Idoneïtat per a l'ús (mida).
- Assegurar que no s'incrementa el risc.
- Manteniment i eliminació.
- Teixit de polietilè (millor que cotó i paper).
- Guants (doble capa): vinil. No es pot tenir en compte el material del que està fabricat, sinó també el gruix i la forma de fabricació (juntres).

4.2.7. Camps Electromagnètics.

L'exposició a radiacions no ionitzants o camps electromagnètics generats per les pantalles de visualització o equips electrònics, poden interferir en el correcte funcionament dels dispositius informàtics i causar molèsties a l'operador, com és el cas de les descàrregues electrostàtiques.

D'altra banda, s'ha escrit molt sobre les radiacions emeses pels ordinadors despertant en el passat certa preocupació entre alguns usuaris, existint una opinió generalitzada sobre el nivell d'aquestes emissions i les seves conseqüències, contrària fins i tot a les dades aportades per les investigacions sobre el tema.

És important tenir present que la intensitat dels camps electromagnètics disminueix ràpidament a l'augmentar la distància entre l'emissor i el treballador afectat i decreix ràpidament amb la distància. Les recomanacions específiques segons els equips, es basen en augmentar la distància entre el cos i els diferents aparells i en el cas del telèfon mòbil s'aconsella disminuir el temps d'ús d'aquest.

4.3. Legislació.

En la legislació europea no hi ha un marc específic per als Nanomaterials, la normativa existent que correspongui segons la situació en què es facin servir i les seves característiques de perillositat, els serà de total aplicació, tal com ha expressat la Comissió Europea en diverses de les seves publicacions relatives als aspectes legislatius dels Nanomaterials.

Des del punt de vista de seguretat i salut en el treball per als Nanomaterials és d'aplicació tant la normativa general de seguretat i salut en el treball, com són:

- REACH (*Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals*)
- Directiva 67/548/EEC s'aplica per a substàncies noves i substàncies notificades amb usos significants.
- Directiva 89/391/EEC. Els requeriments generals en matèria de seguretat i salut laboral dels treballadors en els llocs de treball.
- Llei 31/1995, de prevenció de riscos laborals.
- Reial Decret 39/1997 pel qual s'aprova el Reglament dels serveis de prevenció.
- Reial Decret 665/1997 sobre la protecció dels treballadors contra els riscos relacionats amb l'exposició a agents cancerígens durant el treball.
- Reial Decret 773/1997 sobre disposicions mínimes de seguretat i salut relatives a la utilització pels treballadors d'equips de protecció individual.
- Reial Decret 1215/1997 pel qual s'estableixen les disposicions mínimes de seguretat i salut per a la utilització pels treballadors dels equips de treball.
- Reial Decret 374/2001 sobre protecció de la salut i seguretat dels treballadors contra els riscos relacionats amb els agents químics durant el treball.
- Reial Decret 349/2003 pel qual es modifica el Reial Decret 665/1997, sobre la protecció dels treballadors contra els riscos relacionats amb l'exposició a agents cancerígens durant la feina, i pel qual s'amplia el seu àmbit d'aplicació als agents mutàgens.
- Reial Decret 681/2003 sobre la protecció de la salut i la seguretat dels treballadors exposats als riscos derivats d'atmosferes explosives en el lloc de treball.
- Reial Decret 298/2009, pel qual es modifica el Reial Decret 39/1997, pel qual s'aprova el Reglament dels serveis de prevenció, en relació amb l'aplicació de mesures per promoure la millora de la seguretat i de la salut en el treball de la treballadora embarassada, que hagi donat a llum o en període de lactància.
- Reial decret 299/2016, de 22 de juliol, sobre la protecció de la salut i la seguretat dels treballadors contra els riscos relacionats amb l'exposició a camps electromagnètics.

4.4. Aplicació d'un cas pràctic en la realització de productes cosmètics.

L'aplicació de Nanotecnologia i nanomaterials es pot trobar en molts productes cosmètics, com ara hidratants, productes per a la cura del cabell, maquillatge i protecció solar. Actualment s'utilitzen nanopartícules en productes cosmètics líders, més sovint com a productes químics que s'utilitzen per a protegir-los. Una nanopartícula de plata és l'agent antimicrobià potent i d'ample espectre.

Les nanopartícules d'argent s'uneixen a la membrana cel·lular i també penetren dins dels bacteris. Les nanopartícules ataquen preferentment la cadena respiratòria, la divisió cel·lular finalment la necrosi cel·lular. L'alliberament d'ions de plata a les cèl·lules bacterianes millora la seva activitat bactericida. Les nanopartícules de plata mostren possibles efectes antimicrobians contra organismes infecciosos, com *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Vibria cholera*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Syphillis tifus* i *S. aureus*. Igualment també es van fer estudis de J.S. Kim et al. per determinar la relació entre l'activitat antimicrobiana i el radical lliure i el resultat va demostrar que el radical lliure pot derivar de la superfície de les nanopartícules de plata i pot ser responsable de les seves propietats antimicrobianes.

4.4.1. Control Banding.

El Control Banding és una tècnica d'avaluació de l'exposició a nanomaterials basada en mètodes qualitius o semiquantitatius. La metodologia es fonamenta en la recollida de diferents dades des paer la caracterització del nanomaterial y el procés, assignant a cada grup de dades una puntuació en funció de com pot afectar el nivell de risc.

Les dades que es necessiten s'agrupen en varis apartats:

- Primer ens trobem en tres apartats que abasten la recopilació d'informació relacionada amb les propietats fisicoquímiques i toxicològiques de la substància que servirà de base pel càlcul de la **severitat de l'exposició** al nanomaterial en qüestió.
- **Propietats fisicoquímiques de la substància.** Es contemplen aspectes com la superfície específica del nanomaterial, la forma de la partícula, el diàmetre i la solubilitat.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL NANOMATERIAL			
Superficie específica del nanomaterial			
Alta	Media	Baja	Desconocida
10	5	0	7,5
Forma de partícula del nanomaterial			
Tubular / fibras	Anisótropa	Compacta / esférica	Desconocida
10	5	0	7,5
Diámetro de partícula del nanomaterial			
1-10 nm	11-40 nm	41-100 nm	Desconocido
10	5	0	7,5
Solubilidad del nanomaterial (en agua)			
Insoluble	Soluble	Desconocida	
10	5	7,5	

Taula 1. Característiques Fisicoquímiques del Nanomaterial. Aplicació pràctica de metodologia qualitativa per l'avaluació higiènica d'exposicions a nanopartícules (2011)

- **Toxicitat del nanomaterial.** Efectes carcinogènics, mutàgens, tòxics per la reproducció i tòxics per la pell.

TOXICIDAD DEL NANOMATERIAL		
Carcinogénica		
Sí	No	Desconocido
6	0	4,5
Tóxica para la reproducción		
Sí	No	Desconocido
6	0	4,5
Mutágena		
Sí	No	Desconocido
6	0	4,5
Tóxica para la piel		
Sí	No	Desconocido
6	0	4,5
Capacidad de producir asma		
Sí	No	Desconocido
6	0	4,5

Taula 2. Toxicitat del Nanomaterial. Aplicació pràctica de metodologia qualitativa per l'avaluació higiènica d'exposicions a nanopartícules (2011)

- **Toxicitat del material de la mateixa composició química en escala micro o macroscòpica.** Es recopilen les mateixes dades que per el cas del nanomaterial. Obtenir informació toxicològica de la substància micro i macroscòpica està més desenvolupat que en el cas de las nanopartícules.

TOXICIDAD DE LA SUSTANCIA NO NANOMATERIAL DE LA MISMA COMPOSICIÓN QUÍMICA				
Toxicidad				
<10 ppm	10-100 ppm	101-1000 ppm	>1000 ppm	Desconocida
10	5	2,5	0	7,5
Carcinogénica				
Sí	No	Desconocido		
4	0	3		
Tóxica para la reproducción				
Sí	No	Desconocido		
4	0	3		
Mutágena				
Sí	No	Desconocido		
4	0	3		
Tóxica para la piel				
Sí	No	Desconocido		
4	0	3		
Capacidad de producir asma				
Sí	No	Desconocido		
4	0	3		

Taula 3. Toxicitat de la substància no Nanomaterial. Aplicació pràctica de metodologia qualitativa per l'avaluació higiènica d'exposicions a nanopartícules (2011)

- En segon lloc es troben les dades relacionades amb la sistemàtica de manipulació de la substància que serveixen com a base per el **càlcul de la probabilitat** de que es produeixi l'exposició.
- **Característiques del procés.** La quantitat de nanomaterial utilitzat en el procés, possibilitat de que es formin aerosols o núvols de pols en

suspensió, número de treballadors exposats, temps de duració del procés i freqüència amb la que es realitza.

CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO				
Cantidad utilizada durante el proceso				
> 100 mg	11-100 mg	0-10 mg	Desconocida	
25	12,5	6,25	18,75	
Facilidad de formación de polvo en suspensión o aerosoles				
Alta	Media	Baja	Desconocida	
30	15	7,5	22,5	
Número de trabajadores expuestos				
> 15	11-15	6-10	1-5	Desconocida
15	10	5	0	11,25
Duración del proceso				
>4 h	1-4 h	30-60 min	<30 min	Desconocida
15	10	5	0	11,25
Frecuencia de la operación				
Diaria	Semanal	Mensual	Menos de una vez al mes	Desconocida
15	10	5	0	11,25

Taula 4. Característiques del procés. Aplicació pràctica de metodologia qualitativa per l'avaluació higiènica d'exposicions a nanopartícules (2011)

En les taules 1 a 4 es representen les diferents opcions existents en cadascuns dels aspectes requerits, així com, les puntuacions assignades. Durant l'avaluació les puntuacions obtingudes s'han de sumar per grups. En primer lloc s'obtindrà la severitat de l'exposició a la nanopartícula, que parteix de la suma corresponents a la puntuació de les taules 1, 2 i 3. En segon lloc al suma de les puntuacions obtingudes en la taula 4 donarà lloc el valor a partir d'aquest s'obté la probabilitat de que l'exposició es produeixi.

Aquesta metodologia permet obtenir el nivell de risc que permet decidir sobre les mesures de control més adequades, que s'obté de delimitar la probabilitat i la severitat de l'exposició en cada procés. D'aquesta manera es possible prioritzar sobre la manipulació de la nanopartícula de major severitat per un mateix nivell de risc.

Amb els valors de la severitat de l'exposició (taula5) i probabilitat (taula 6), és possible determinar el nivell de risc utilitzant la taula 7.

PUNTUACIÓN	SEVERIDAD
0-25	BAJA
26-50	MEDIA
51-75	ALTA
76-100	MUY ALTA

Taula 5. Nivells de severitat segons la puntuació obtinguda. Aplicació pràctica de metodologia qualitativa per l'avaluació higiènica d'exposicions a nanopartícules (2011)

PUNTUACIÓN	PROBABILIDAD
0-25	MUY BAJA
26-50	BAJA
51-75	MEDIA
76-100	ALTA

Taula 6. Nivells de probabilitat en funció de la puntuació obtinguda. Aplicació pràctica de metodologia qualitativa per l'avaluació higiènica d'exposicions a nanopartícules (2011)

Cadascun dels nivells de risc tenen un significat en base el qual s'assignen les mesures de control que és necessari aplicar:

- RL1: Ventilació natural (nivell de risc baix)
- RL2: Extracció localitzada (nivell de risc moderat)
- RL3: Confinament (nivell de risc alt)
- RL4: Consultar amb l'especialista (nivell de risc molt alt)

SEVERIDAD	PROBABILIDAD			
	MUY BAJA	BAJA	MEDIA	ALTA
MUY ALTA	RL3	RL3	RL4	RL4
ALTA	RL2	RL2	RL3	RL4
MEDIA	RL1	RL1	RL2	RL3
BAJA	RL1	RL1	RL1	RL2

Taula 7. Nivells de risc en funció dels valors de severitat i probabilitat. Aplicació pràctica de metodologia qualitativa per l'avaluació higiènica d'exposicions a nanopartícules (2011)

4.4.2. Anàlisi qualitatiu d'exposició a l'argent (Silver Ag) Nanomolecular.

En un laboratori de productes de cosmètica es vol analitzar el risc d'exposició a la nanopartícula de Argent (Silver Ag) d'un tècnic de laboratori, que manipula la nanopartícula amb quantitats diàries de 11 a 100 mg de mitjana i màxims de 200 mg. Les operacions de manipulació son setmanals en períodes de 30 minuts. La exposició el producte es en forma de pols i estant implicat en el projecte entre 1 i 5 empleats. El local on es realitza la manipulació de la nanopartícula utilitza un sistema de ventilació general i cada tècnic té com equipament de protecció uns guants resistent a les substàncies químiques.

Es necessari analitzar la substància de nanopartícula Argent (Silver Ag):

Taula 8. Informació del Nanomaterial. CB NanoTool 2.0.

Formulari d'informació del Nanomaterial	
Nom del material (Numero CAS)	Silver (Ag) 7440-22-4
Descripció de la utilització	Els principals usos dels consumidors semblen estar lligats a les propietats antibacterianes de la plata com ara la roba per prevenir l'olor, la pasta de dents i els raspalls de dents auto-higienitzants.

Característiques del material micro o macro partícula	
Límit d'exposició laboral (OEL)	0.01 mg/m ³ 1000ppm
LD50	1,173 mg/kg
Mutagenicitat	no hi ha dades disponibles
Carcinogenicitat	Cap component d'aquest producte present en nivells superiors o iguals al 0,1%
Toxicologia reproductiva	no hi ha dades disponibles
Efectes dèrmics	Nociu si s'absorbeix a través de la pell. Provoca cremades a la pell. Provoca irritació de la pell.
Asma	Pot ser perjudicial si s'inhala. El material és extremadament destructiu per al teixit de les mucoses i les vies respiratòries superiors. Provoca irritació de les vies respiratòries.
Característiques del Nanomaterial	
Forma química (per exemple, suspensió líquida, pols sec, etc.)	Pans, flocs, cristalls
Mides / dimensions de les partícules	80-100 nm
Forma de partícula	Esfèrica
Reactivitat superficial	Desconegut
Solubilitat	Solubilitat en aigua
Potencial d'agregació o aglomeració	Degradació o dissociació seguida d'aglomeració
Potencial de pols	Mitjà
Puresa del material	99,99%
Inflamabilitat	No hi ha dades disponibles
Punt d'inflexió	No aplicable
Toxicitat del substrat	El Registre d'Efectes Tòxics de Substàncies Químiques (RTECS) conté dades de toxicitat aguda d'aquesta substància.
LD50	No hi ha dades
Mutagenicitat	No s'aplica
Carcinogenicitat	EPA-D: No classificable pel que fa a la carcinogenicitat humana: no hi ha dades humanes i animals inadequades de carcinogenicitat o no hi ha dades disponibles.
Toxicologia reproductiva	No s'aplica
Efectes dèrmics	Pot causar irritació
Asma	No hi ha dades
Efectes sobre els organismes	Sense efectes
Potencial de bioacumulació	Sense efectes
Potencial de bioacumulació	No hi ha dades
Ús	
Quantitat mitjana diària utilitzada	11 fins a 100 mg
Quantitat màxima diària utilitzada	Fins a 200 mg

Freqüència de funcionament (per exemple, diària, mensual, etc.)	Setmanalment
Durada del funcionament (hores)	30 min
Ruta (es) d'exposició	pols
Nombre d'empleats amb exposició similar	1 fins a 5
Tipus de ventilació	General

Es realitza l'anàlisi qualitatiu del risc a l'exposició de la Nanopartícula Silver (Ag)

S'utilitzen les taules 1 a 4 per quantificar el Nanomaterial segons la taula 8.

CARACTERÍSTIQUES FÍSICO-QUÍMIQUES DEL NANOMATERIAL			
Superfície específica del nanomaterial			
Alta	Mitja	Baixa	Desconeguda
10	5	0	7,5
Forma de partícula de Nanomaterial			
Tubular/Fibres	Anisòtropa	Compacte/Esfèrica	Desconeguda
10	5	0	7,5
Diàmetre de partícula del Nanomaterial			
1 - 10 nm	11 - 40 nm	41 - 100 nm	Desconeguda
10	5	0	7,5
Solubilitat del Nanomaterial (en aigua)			
Insoluble	Soluble	Desconeguda	
10	5	7,5	

Es realitza la suma dels valors obtinguts: $7,5 + 0 + 0 + 5 = 12,5$

TOXICITAT DEL NANOMATERIAL		
Carcinogènesi		
Si	No	Desconeguda
6	0	4,5
Tòxica per la reproducció		
Si	No	Desconeguda
6	0	4,5
Mutàgena		
Si	No	Desconeguda
6	0	4,5
Tòxica per la pell		
Si	No	Desconeguda
6	0	4,5
Capacitat de produir Asma		
Si	No	Desconeguda
6	0	4,5

Es realitza la suma dels valors obtinguts: $0 + 4,5 + 4,5 + 6 + 4,5 = 19,5$

TOXICITAT DE LA SUBSTÀNCIA NO NANOMATERIAL DE LA MATEIXA COMPOSICIÓ				
Superfície específica del nanomaterial				
< 10 ppm	10 - 100 ppm	101 - 1000 ppm	> 1000 ppm	Desconeguda
10	5	2,5	0	7,5
Carcinogènesi				
Si	No	Desconeguda		
4	0	3		
Tòxica per la reproducció				
Si	No	Desconeguda		
4	0	3		
Mutàgena				
Si	No	Desconeguda		
4	0	3		
Tòxica per la pell				
Si	No	Desconeguda		
4	0	3		
Capacitat de produir Asma				
Si	No	Desconeguda		
4	0	3		

Es realitza la suma dels valors obtinguts: $2,5 + 0 + 0 + 0 + 4 + 4 = 10,5$

Es sumen els valors obtinguts de les tres taules: $12,5 + 19,5 + 10,5 = 42,5$

CARACTERÍSTIQUES DEL PROCÉS				
Quantitat utilitzada durant el procés				
> 100 mgr	11 - 100 mgr	0 - 10 mgr	Desconeguda	
25	12,5	6,25	18,75	
Facilitat de formació de pols en suspensió o aerosols				
Alta	Mitja	Baixa	Desconeguda	
30	15	7,5	22,5	
Número de treballadors exposats				
> 15	11 - 15	6 - 10	1 - 5	Desconeguda
15	10	5	0	11,25
Duració del procés				
> 4 h	1 - 4 h	30 - 60 min	< 30 min	Desconeguda
15	10	5	0	11,25
Freqüència de l'operació				
Diària	Semanal	Mensual	Menys d'un cop mes	Desconeguda
15	10	5	0	11,25

Es realitza la suma dels valors obtinguts: $12,5 + 15 + 0 + 0 + 10 = 37,5$

S'ha de cercar el grau de severitat en funció del valor obtingut de 42,5

PUNTUACIÓ	SEVERITAT
0 - 25	BAIXA
26 - 50	MITJA
51 - 75	ALTA
76 - 100	MOLT ALTA

S'ha de cercar el grau de probabilitat en funció del valor obtingut de 37,5

PUNTUACIÓ	PROBABILITAT
0 - 25	MOLT BAIXA
26 - 50	BAIXA
51 - 75	MITJA
76 - 100	ALTA

S'obté un nivell de SEVERITAT MITJÀ i un nivell de PROBABILITAT BAIX.

Amb les dades obtingudes el prevencionista pot cercar el grau de risc de exposició a la substància nano amb la taula següent.

	PROBABILITAT			
SEVERITAT	MOLT BAIXA	BAIXA	MITJA	ALTA
MOLT ALTA	RL3	RL3	RL4	RL4
ALTA	RL2	RL2	RL3	RL4
MITJA	RL1	RL1	RL2	RL3
BAIXA	RL1	RL1	RL1	RL2

Sent el grau de risc a l'exposició obtingut del material Silver (Ag) de RL1.

4.4.3. Mesures preventives.

Tot i que no és possible relacionar de forma generalista una sèrie de mesures preventives a aplicar amb el nivell de risc obtingut, ja que, s'incorrerà en el error d'obviar característiques específiques de la l'empresa i el lloc de treball avaluat, es necessari considerar una sèrie d'instruccions i/o mesures de control bàsiques que és recomanable tenir en compte a l'hora de definir les mesures a implementar.

A cada nivell de risc superior aplicarà les mesures preventives del nivell de risc anterior.

4.4.3.1. Nivell de risc Baix (RL1)

- Es publicarà una llista de personal autoritzat per l'accés a les àrees on es manipulen nanopartícules.
- Les portes d'accés al lloc de treball on es manipulen les nanopartícules per romandran sempre tancades.

- Formació i informació en matèria de bones practiques en la manipulació de nanopartícules. NTP 797: Riscos associats a la Nanotecnologia.
- Disseny de llocs i equips de treball que facilitin la neteja d'aquests.
- Es portarà roba de protecció en els llocs de treball (bates, roba d'un sol ús) que impedeixin el contacte directe amb la roba de carrer. Aquestes peces s'emmagatzemaran en un lloc habilitat en el interior dels llocs de treball on són utilitzades.
- Els llocs de treball comptaran amb lavabo per netejar-se les mans.
- Ús d'equips de protecció individual (EPI) de protecció dèrmica en cas de manipulació de solucions col·loïdals. S'utilitzaran doble guants durant la manipulació que s'allarguin en el temps.

4.4.3.2. *Nivell de risc Moderat (RL2)*

- Utilització de protecció respiratòria durant la manipulació de materials que poden produir aerosols o núvols de pols en suspensió.
- Neteja diària de eines, equips de treball, llocs de treball, etc.
- Extracció localitzada durant la manipulació de nanomaterials susceptibles de formar aerosols o núvols de pols en suspensió.
- Àrees de treball on es manipulen nanopartícules separades de la resta de zones del edifici.

4.4.3.3. *Nivell de risc Alt (RL3)*

- Aplicacions de mesures de control que evitin la formació d'aerosols i/o núvols de polsen suspensió. Instal·lació d'extracció localitzada en el focus.
- Utilització de roba d'ús exclusiu en les zones de treball.
- Reducció dels treballadors exposats al mínim possible.
- Utilització de sistemes de ventilació i renovació d'aire amb filtres d'alta eficiència de retenció, filtres tipus HEPA.
- Instal·lació de doble porta i separació del àrea de treball del resta de les instal·lacions mitjançant sales como vestuaris amb dutxes, rescloses, etc.

4.4.3.4. *Nivell de risc Molt Alt (RL4)*

- Manipulació del producte en processos confinats i utilització d'equips de protecció individual (EPI) integrals dotats d'alimentació d'aire independent de l'atmosfera del local.
- Àrees de treball en depressió que evitin fugites del contaminant al exterior i sistemes de filtrat de l'aire de sortida.
- Els treballadors sortiran de l'àrea de treball a través d'un vestuari específic i hauran de dutxar-se sempre que s'abandoni la zona.

4.4.4. *Avaluació del resultat obtingut en el Control Banding.*

Realitzat l'estudi qualitatiu a l'exposició de nanopartícules amb un grau d'exposició al Ag (Silver) de Nivell de Risc Baix (RL1), analitzem el tipus d'Equip de Protecció Individual requerit per la severitat indicada de:

- Roba de protecció en els llocs de treball (bates, roba d'un sol ús) que impedeixin el contacte directe amb la roba de carrer. Aquestes peces s'emmagatzemaran en un lloc habilitat en el interior dels llocs de treball on són utilitzades.

- Ús d'equips de protecció individual (EPI) de protecció dèrmica en cas de manipulació de solucions col·loïdals. S'utilitzaran doble guants, durant la manipulació que s'allargui en el temps.

4.4.4.1. Roba de protecció.

Els materials "no teixits" que s'empren a la roba de protecció (per exemple, polietilè d'alta densitat) es comporten de manera similar als mitjans filtrants constituïts per fibres i utilitzats en els equips de protecció respiratòria. Així, els "no teixits" semblen ser molt més efectius en la retenció de nanomaterials que els teixits convencionals com és el cas del cotó o de les barreges de cotó polièster.

Com a la resta d'EPI, actualment no hi ha roba de protecció específica contra nanomaterials en base a una norma, però fins a aquest moment sí es pot recomanar l'ús dels dissenys de la roba de protecció química.

En cas que es necessiti roba de protecció una vegada que altres mesures de control no garanteixin un nivell de protecció adequat, aquella es seleccionarà depenent de l'estat i tipus de nanomaterial i de la tasca que es realitza. Si el nanomaterial es troba en forma de pols, es recomana, en funció de l'exposició esperable, la utilització de vestits d'un sol ús contra riscos químics de Tipus 5, amb caputxa, cobreix-sabates, subjecció al coll i punys i sense solapes o butxaques. Si el nanomaterial es troba en dissolució col·loïdal i pogués existir contacte amb els mitjans líquids per esquitxades, s'ha de valorar l'ús de roba de protecció química de Tipus 6 o 4. Al mercat hi ha models de vestits d'un sol ús que estan certificats com Tipus 5 i 6 alhora o fins i tot com Tipus 4, 5 i 6.

Quan l'exposició es limita només a una part de el cos, per exemple, el tors, podrien usar-se peces de protecció parcial sol ús. Aquest grup de peces sol ús es designen com Roba Tipus 5 [PB] i inclouen peces com les bates.



Il·lustració 22. Roba de protecció contra productes químics.

Depenent de les característiques de el risc químic, es triarà un Tipus de peça o un altre, atenent el que disposen les següents normes harmonitzades:

Tipus 1: Vestits hermètics a gasos (EN 943-1 i EN 943-2)

Tipus 1a: Vestits hermètics a gasos amb equip de respiració sota el vestit.

Tipus 1b: Vestits hermètics a gasos amb equip de respiració fora del vestit.

Tipus 1c: Vestits hermètics a gasos amb pressió positiva interna.

Tipus 1 ET: Vestits hermètics a gasos destinats a equips d'emergència.

Tipus 2: Vestits ventilats no hermètics a gasos (A 943-1)

Tipus 3: Protecció davant líquids (esquitxades o baixa perillositat de la substància) (EN ISO 13034)

Tipus 4: Protecció davant polvoritzacions de líquids (A 14605)

Tipus 5: Protecció davant pols i partícules sòlides (EN ISO 13.982-1)

Tipus 6: Protecció davant petites esquitxades (baix nivell de protecció) (A 13034)

A les peces se'ls pot incorporar, a més, altres característiques de protecció per a dotar-les de més seguretat i polivalència en diversos entorns laborals i diferents sectors industrials, emparant als treballadors dels regs més habituals en aquest tipus de llocs de treball, com són els següents:

Antiestàtica. A 1149-5. Especifica els requisits electroestàtics i de disseny que ha de tenir la roba de protecció antiestàtica, per dissipar la càrrega acumulada al treballador a través del material i, així, evitar un punt d'ignició que pugui provocar un incendi.

Partícules radioactives. A 1073-2. Especifica els requisits i mètodes d'assaig per a les robes de protecció no ventilades que protegeixen l'usuari contra la contaminació per partícules radioactives.

Risc biològic. A 14126: 2004 especifica requisits i mètodes d'assaig per a roba de protecció reutilitzable i d'ús limitat capaç d'oferir protecció contra agents biològics.

Ignífugo. EN ISO 14116. Roba de protecció contra la calor i les flames. Roba, materials i conjunt de materials amb propagació limitada de flama.

4.4.4.2. Guants de protecció.

Mentre no s'obtinguin dades concloents dels nombrosos estudis que s'estan realitzant sobre els mètodes d'assaig per a l'avaluació de guants enfront de nanomaterials, es recomana seleccionar guants de protecció contra productes químics i microorganismes, d'elastòmers com nitril, làtex, neoprè, butil . Aquest tipus de guants sembla oferir una alta eficàcia enfront de nanomaterials tot i la possible existència de porus en el material del guant a escala nanomètrica. Caldrà tenir en compte, però, un seguit de consideracions que poden influir en la protecció oferta per un determinat guant, derivades de mètodes d'assaig en estudi.

En el cas que s'utilitzin guants d'un sol ús, normalment molt fins, es recomana la utilització de dos parells de guants superposats, ja que solen tenir molt poca resistència mecànica.

Atès que l'estructura del guant es pot veure afectada pels moviments de la mà, que donen lloc a pressions i extensions en el material del guant, i tenir implicacions en el nivell de penetració, es recomana com una bona pràctica el canvi regular de guants per a minimitzar la presència d'imperficcions que puguin produir-se durant el seu ús.

En el cas que a més dels nanomaterials es manipulin simultàniament altres compostos químics, com dissolvents, o que els nanomaterials es troben en una dissolució col·loidal on el medi líquid no sigui aigua, sinó per exemple un alcohol, el nivell de penetració a través de el guant pot augmentar si l'estructura del guant es veu afectada. En aquests casos també caldrà exigir el guant amb una protecció química específica.

Per la protecció de les mans, s'utilitzaran guants sota Normativa EN374 (Guants de protecció contra productes químics) Es recomana guant de Nitril: 688-ND/N i 688-NDL/N



Il·lustració 23. Guant de protecció.

5. Conclusions

El Treball de Final de Màster en Higiene Industrial ha desenvolupat els diferents riscos, mesures preventives i legislació que el treballador en el seu lloc treball ha de conèixer en l'entorn d'un Laboratori de Nanotecnologia, on s'han englobat les afectacions pròpies del lloc de treball i quina repercussió pot tenir per la salut.

Tanmateix, s'explica la necessitat de generar un entorn de formació virtualitzada, juntament amb tècniques aplicades en jocs per aportar la motivació necessària perquè el treballador es trobi immers en la formació i informació que es vol donar a conèixer.

Els principals punts concloents que s'han volgut transmetre en el treball de final de màster, han sigut:

- La formació i informació dels riscos que l'empresari ha de facilitar en el treballador del seu lloc de treball.
- Les pautes legals que el treballador ha de conèixer per no incorre en faltes i sancions.
- L'organització de l'entorn de treball fent aquest més segur.
- Aplicar noves eines d'aprenentatge per motivar conscienciar el treballador la importància d'aprendre que és la Prevenció de Riscos Laborals.

6. Valoració

La realització del Treball de Final de Màster en Higiene Industrial en l'àmbit d'un Laboratori en Nanotecnologia, ha sigut tota una experiència orientada a la formació i al coneixement dels riscos que es poden sofrir en aquest entorn. El fet de realitzar treballs en un laboratori en un ambient on es treballa envoltat de diversos perills que s'han hagut d'avaluar en el Treball de Final de Màster i com prevenir-los en una basant, no solament teòrica sinó pràctica m'ha a fet augmentar la necessitat de que la gent estigui formada i informada dels riscos.

Voldria agrair a la meva dona que ha estat aguantant durant els anys de realització d'aquest màster, moments on no ha pogut gaudir de distraccions i en tot moment m'ha motivat a continuar i a realitzar allò que jo volia, que era aprendre.

També necessito agrair l'ajut de la meva filla, que m'ha ajudat en els moments més desesperants en poder cercar la documentació, informació, etc. per continuar endavant.

Els meus pares, que sent d'edat molt avançada, m'han aconsellat en tot moment en continuar i finalitzar els estudis.

Agrair l'ajut del director de Prevenció de Riscos Laborals de l'empresa on treballa, per ajudar-me a prendre la decisió de realitzar aquest treball enfocat en l'àmbit de l'aprenentatge, duent a terme el curs de e-Learning per a treballadors.

7. Referències bibliogràfiques

Arranz, J.I.; Bejjoca, A.; Bertos, J.A.; Cassini, J.; Cerrato, P. i altres. (2016). *PRACTICUM Prevención de Riesgos Laborales*. Editorial Aranzadi. Navarra.

German Research Foundation. (2013). *Nanomaterials Commission for the Investigation of Health Hazards of Chemical Compounds in the Work Area*.

https://www.dfg.de/download/pdf/dfg_im_profil/gremien/senat/arbeitsstoffe/nanomaterials.pdf

Pablo José Pinto Ariza. (2017). *Gamificación aplicada a la Prevención de Riesgos Laborales*. PreventionWorld.

<https://prevention-world.com/actualidad/articulos/gamificacion-aplicada-prevencion-riesgos-laborales/>

NanoHub.org. *Nanotechnology Training Materials*.

https://nanohub.org/groups/gng/training_materials

Northern Illinois University, Faculty Development and Instructional Design Center. (2018). *Gagné's Nine Events of Instruction*.

https://www.niu.edu/facdev/_pdf/guide/learning/gagnes_nine_events_instruction.pdf

NIOSH. (2012). *General Safe Practices for Working with Engineered Nanomaterials in Research Laboratories*.

<https://www.cdc.gov/niosh/docs/2012-147/pdfs/2012-147.pdf>

Radana Dvorak. (2011). *Moodle for Dummies*. Wiley Publishing, Inc.

<https://www.wiley.com/en-es>

SERVEI DE PREVENCIÓ I MEDI AMBIENT. *Curso Online de Seguridad y Salud en el trabajo de la Universitat de València*.

https://www.uv.es/sfpenlinia/cas/231_qu_es_la_higiene_industrial.html

INSHT. (2015). *Seguridad y salud en el trabajo con nanomateriales*.

<https://www.icms.us-csic.es/sites/icms.us-csic.es/files/SST%20con%20nanomateriales.pdf>

INSHT. (2015). *Seguridad y salud en el trabajo con nanomateriales*.

<https://www.icms.us-csic.es/sites/icms.us-csic.es/files/SST%20con%20nanomateriales.pdf>

INSHT. (2013). *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo*.

<https://www.insst.es/documents/94886/203536/Gu%C3%ADa+t%C3%A9cnica+para+la+evaluaci%C3%B3n+y+prevenci%C3%B3n+de+los+riesgos+relacionados+con+agentes+qu%C3%ADmicos+relacionados+con+los+lugares+de+trabajo/7ff71954-0742-4cf4-bc30-7a9ffea37429>

INSHT. (2010). *NTP877: Evaluación del riesgo por exposición a nanopartículas mediante el uso de metodologías simplificadas*.

INSHT. (2008). *NTP797: Riesgos Asociados a la nanotecnología*.

Werbach, K. i Hunter, D. (2014). *Revoluciona tu negocio con las técnicas de los juegos. Gamificación*. PEARSON EDUCACIÓN S.A. Madrid.