



Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales**

**ANÁLISIS Y PREVENCIÓN DE RIESGOS EN PROCESOS TERMOQUÍMICOS**

**María Camila Pantano Escobar**

**DIRECTORA**

**Inés Reyero Zaragoza**

**CODIRECTORA**

**Andrea Navarro Puyuelo**

**Pamplona**

**Septiembre de 2022**



## RESUMEN

El presente trabajo tiene por objeto evaluar los riesgos laborales a los que está expuesto el trabajador que tiene como finalidad llevar a cabo un proceso termoquímico como el reformado seco de metano. Este proceso tiene lugar en los laboratorios de investigación química del Departamento de Ciencias, en la Universidad Pública de Navarra. Esta evaluación se ha realizado siguiendo la metodología propuesta por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, en donde se determina la severidad y probabilidad de los factores de riesgo, para finalmente, obtener el nivel de riesgo y, con base en este; establecer medidas preventivas orientadas a la disminución de los mismos.

En esta evaluación de riesgos laborales, se logró identificar que el riesgo de mayor importancia es la exposición a productos químicos. Sin embargo, el trabajador también se encuentra expuesto a riesgos como lesiones en la piel y los ojos, caídas y fatiga, entre otros. Finalmente, se proponen medidas preventivas relacionadas con la formación e información, el mantenimiento de los equipos e instalaciones de trabajo, la dotación de EPIs (especialmente para la recolección del material de vidrio roto), así como la continuación del cumplimiento de la normativa vigente en relación con el almacenamiento y manipulación de sustancias químicas.

**Palabras clave:** Proceso termoquímico, riesgos, medidas preventivas, seguridad, higiene, ergonomía y psicología.

## ABSTRACT

The purpose of this work is to evaluate the occupational risks to which the worker is exposed whose purpose is to carry out a thermochemical process such as dry methane reforming. This process takes place in the chemical research laboratories of the Science Department, in the Public University of Navarra. The evaluation has been carried out following the methodology proposed by the National Institute of Safety and Hygiene at Work (INNST), where the severity and probability of the risk factors are determined, in order to obtain the level of risk and, based on this; establish the appropriate preventive measures focused on reducing them.

In this occupational risk assessment, it was possible to identify that the most important risk is the exposure to chemical products. However, the worker is also exposed to risks such as skin and eye lesions, falls, fatigue and others. Finally, preventive measures are proposed related to training and information, the maintenance of equipment and work places, the provision of personal protective equipment (PPE), especially for the broken glass material collection, as well as the continuation of compliance with valid legislation related to the storage and handling of chemical substances.

**Key words:** Thermochemical process, risks, preventive measures, safety, hygiene, ergonomics and psychosociology.

## Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	6
1.1.Antecedentes de la prevención de riesgos laborales.....	6
1.2.Normativa General y Específica.....	8
1.3.Siniestralidad laboral en el sector de la industria química.....	11
1.4.Proceso a estudiar.....	13
2. OBJETIVOS.....	23
3. METODOLOGÍA.....	24
3.1.Recopilación de información.....	24
3.2.Identificación de riesgos.....	24
3.3.Valoración de los riesgos identificados.....	27
3.4.Propuesta de medidas preventivas.....	29
4. EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	30
4.1.Riesgos de seguridad.....	31
4.2.Riesgos higiénicos.....	36
4.3.Riesgos ergonómicos.....	40
4.4.Riesgos psicosociales.....	42
5. PROPUESTA DE MEDIDAS PREVENTIVAS.....	43
5.1.Medidas preventivas de la especialidad de seguridad.....	44
5.2.Medidas preventivas de la especialidad de higiene.....	53
5.3.Medidas preventivas de la especialidad de ergonomía.....	59
5.4.Medidas preventivas de la especialidad de psicología.....	61
6. CONCLUSIONES.....	63
7. BIBLIOGRAFÍA.....	66

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Antecedentes de la prevención de riesgos laborales**

Los efectos que ciertos trabajos ejercen sobre la salud de las personas son conocidos desde la antigüedad. De hecho, los primeros estudios sobre el efecto del plomo en la salud datan de la Edad Media, aunque, es el inicio de la Revolución Industrial y el aumento de niños y mujeres en las empresas españolas, lo que provoca la publicación de la Ley Benot (Gaceta de Madrid, 1873) que trataría de proteger a los trabajadores, especialmente a los más débiles (mujeres y niños). Sin embargo, no fue hasta los últimos años del franquismo y el comienzo de la democracia, cuando se empezaron a desarrollar políticas orientadas exclusivamente a la prevención de riesgos laborales (PRL). Una de las primeras políticas de la historia de la PRL en España fue la creación en 1971 de El Plan Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo, considerado el antecedente del actual Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST).

Según Gallo Fernández et al., (2021), la Prevención de Riesgos Laborales en España tiene como base dos artículos de la Constitución, en los cuales se reconoce el derecho fundamental a la vida y la seguridad e higiene como principios rectores de las políticas sociales y económicas, obligando así a los poderes públicos a establecer mandatos en pro de la seguridad y la salud de los trabajadores.

La creación del Estatuto de los Trabajadores (Juan Carlos I, 1980) fue el primer documento legal en España en donde se reconocía al trabajador el derecho a la seguridad e higiene, así como a su integridad física. También se reconocieron como derechos de los trabajadores, entre otros, la libre sindicación, la huelga, la negociación colectiva o la participación en la empresa. Además de este marco constitucional, España ha adquirido una serie de compromisos con la Unión Europea (UE) entre los que se encuentra la adaptación de su normativa interna de acuerdo con las Directivas de la UE. De esta manera, por medio de la transposición de la Directiva marco 89/391/CEE (Consejo de las Comunidades Europeas, 1989), se desarrolla una serie de normas legales que conforman el bloque normativo de la Prevención de Riesgos Laborales, estableciendo como norma base la Ley 31/1995 (Jefatura del Estado, 1995).

Esta Ley tiene por objeto establecer una serie de garantías y responsabilidades que logren un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo. En este contexto, se crea la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo como un instrumento privilegiado de participación en la formulación y desarrollo de la política en materia preventiva. Puesto que esta Ley persigue ante todo la prevención, su articulación establece las obligaciones y responsabilidades empresariales, además de promover la mejora de la educación en dicha materia.

Los principios generales de la acción preventiva son:

- Evitar los riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se puedan evitar.
- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona (concepción de los puestos de trabajo, elección de los equipos y los métodos de trabajo y de producción), con el fin de atenuar el trabajo monótono y repetitivo y reducir los efectos del mismo en la salud.
- Tener en cuenta la evolución de la técnica.
- Sustituir lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún peligro.
- Planificar la prevención, integrando la técnica, la organización y condiciones del trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales.
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.

La Ley 31/1995 define la Prevención de Riesgos Laborales como el conjunto de medidas adoptadas o planeadas, cuyo objetivo es evitar o disminuir los riesgos que se derivan de la actividad laboral, siendo los trabajadores los principales sujetos a proteger; e incluye dentro de su ámbito de aplicación a los trabajadores por cuenta ajena, trabajadores por cuenta propia, personal de carácter administrativo o estatutario y socios de cooperativas.

Los elementos básicos planteados incluyen la prevención desde el diseño del proyecto empresarial, la evaluación inicial de los riesgos y su actualización periódica a medida que se

alteren las circunstancias, el planteamiento de una serie de medidas de acción preventiva y el control de la efectividad de dichas medidas.

Cabe resaltar que la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL) define el riesgo laboral como la posibilidad de que un trabajador sufra un daño derivado de su trabajo y, por esto, le otorga al empresario la obligación general de garantizar una protección eficaz de todas las personas que forman parte de su plantilla. Además, se recogen otras definiciones como equipo de trabajo, condiciones de trabajo o daños derivados del trabajo, que serán objeto de estudio a la hora de realizar una evaluación del puesto de trabajo.

### **1.2. Normativa General y Específica.**

La política en materia de prevención tiene por objeto la promoción de la mejora de las condiciones de trabajo, con el fin de elevar el nivel de protección de la seguridad y la salud de los trabajadores. Como se mencionó en el apartado anterior, la Ley 31/1995 se constituye como la normativa básica de la Prevención de Riesgos Laborales en España, aunque, se han desarrollado además una serie de normas legales, técnicas y guías del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) que dirigen la aplicación de la legislación.

El INSST es el órgano científico técnico especializado de la Administración General del Estado que tiene como misión el análisis y estudio de las condiciones de seguridad y salud en el trabajo, así como la promoción y apoyo a la mejora de las mismas. Sus funciones principales son:

- Asesoramiento técnico en la elaboración y desarrollo de la normativa legal, tanto a nivel nacional como internacional.
- Promoción y realización de actividades de formación, información, investigación, estudio y divulgación en materia de prevención de riesgos laborales.
- Apoyo técnico y colaboración con la Inspección de Trabajo y Seguridad Social en el cumplimiento de su función de vigilancia y control de la normativa sobre prevención de riesgos laborales.
- Colaboración con organismos internacionales y desarrollo de programas de cooperación internacional.



Todas las normas desarrolladas durante los últimos años regulan materias como las condiciones de trabajo, limitaciones o prohibiciones de operaciones, procesos o exposiciones laborales a agentes que entrañen riesgos para la salud, procedimientos de evaluación de los riesgos, medidas preventivas específicas, enfermedades profesionales, etc.

La normativa general y específica vigente en el campo de la Prevención de Riesgos Laborales y que es aplicable al sector de la industria química se recoge a continuación en la Tabla 1.

**Tabla 1.** *Normativa General y Específica vigente en la Prevención de Riesgos Laborales.*

<b>Normativa</b>	<b>Descripción</b>
<b>Ley 31/1995</b>	Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
<b>Real Decreto 39/1997 (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1997)</b>	Aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
<b>Real Decreto 485/1997 (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1997)</b>	Disposiciones mínimas de señalización en materia y seguridad y salud.
<b>Real Decreto 486/1997 (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1997)</b>	Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
<b>Real Decreto 487/1997 (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1997)</b>	Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas.
<b>Real Decreto 488/1997 (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1997)</b>	Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con pantallas de visualización de datos (PVDs).
<b>Real Decreto 664/1997 (Ministerio de la Presidencia, 1997)</b>	Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
<b>Real Decreto 665/1997 (Ministerio de la Presidencia, 1997)</b>	Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.

<b>Normativa</b>	<b>Descripción</b>
<b>Real Decreto 773/1997 (Ministerio de la Presidencia, 1997)</b>	Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización de equipos de protección individual.
<b>Real Decreto 1215/1997 (Gobierno de España, 1997)</b>	Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de equipos de trabajo.
<b>Real Decreto 374/2001 (Ministerio de la Presidencia, 2001)</b>	Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes químicos durante el trabajo.
<b>Real Decreto 614/2001 (Ministerio de la Presidencia, 2001)</b>	Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
<b>Real Decreto 1311/2005 (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 2005)</b>	Protección de la seguridad y salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de vibraciones mecánicas.
<b>Real Decreto 286/2006 (Ministerio de la Presidencia., 2006)</b>	Protección de la seguridad y salud de los trabajadores contra los riesgos relacionados con exposición al ruido.
<b>Real Decreto 656/2017 (Real Decreto 656/2017, 2017)</b>	Por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas complementarias
<b>Reglamento (CE) nº 1907/2006 REACH (Parlamento Europeo y del Consejo, 2006)</b>	Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de sustancias y mezclas químicas.
<b>Reglamento (CE) nº 1272/2008 CLP (Parlamento Europeo y del Consejo, 2008)</b>	Sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas químicas.

Además de la normativa reflejada en la tabla anterior, el INSST recoge una colección de Notas Técnicas de Prevención (NTP) que pretenden facilitar a los agentes sociales y a los profesionales de la PRL herramientas técnicas de consulta. Aunque estos documentos no son

vinculantes, ni de obligado cumplimiento, su propósito principal es el de ayudar al cumplimiento de la normativa aplicable en cada momento (estatal, autonómica o local).

Estos documentos son de carácter pluridisciplinar, y en ellos se desarrollan aspectos temáticos de las cuatro disciplinas preventivas: Seguridad, Higiene, Ergonomía y Psicología. Además, se pueden encontrar notas relacionadas con aspectos generales vinculados a la gestión de la PRL, la formación e información, las técnicas y métodos específicos de análisis y evaluación, etc.

### **1.3.Siniestralidad laboral en el sector de la industria química**

Según el módulo sobre accidentes laborales de la Encuesta de Población Activa (EPA) del año 2020 (Instituto Nacional de Estadística, 2020), el 3,7 % de los trabajadores tuvo algún accidente durante la jornada laboral o en trayectos hacia/desde el lugar de trabajo en los 12 últimos meses. Teniendo en cuenta el sexo de las personas trabajadoras, los afectados fueron el 4,1 % de hombres y el 3,3 % de mujeres. Por sector económico, el 57,7 % de los accidentes en jornada laboral se produjo en el sector Servicios, el 16,8 % en la Industria, el 8,9 % en la Construcción y el 3,1 % en la Agricultura.

En cuanto a los datos generales de enfermedades y problemas de salud, el 18,2 % de las personas de 16 a 74 años ocupadas o que trabajaron anteriormente tuvo alguna enfermedad en los 12 últimos meses y el 29,5 % manifestó haber sufrido una enfermedad provocada o agravada por el trabajo. Entre los tipos de enfermedad laboral destacan los problemas óseos, articulares o musculares (principalmente de espalda, cuello, hombros, brazos o manos, caderas, piernas o pies), seguidos de enfermedades ligadas al estrés, depresión o ansiedad.

Por su parte, la industria química es uno de los sectores económicos más seguros para sus trabajadores según estadísticas del Instituto Nacional de Estadística (INE). La Federación Empresarial de la Industria Química Española (FEIQUE) elabora cada año el Informe de Siniestralidad Laboral, en el que se incluyen los índices estadísticos del ámbito de seguridad y salud de los trabajadores, así como un análisis de los accidentes con baja ocurridos y calculados a partir de los datos proporcionados por las empresas asociadas a FEIQUE. Comparando estos resultados con el resto de actividades económicas, el índice de incidencia de accidentes en 2021 fue 4,62 veces menor al registrado por el conjunto de la Industria, 2,87 veces menor de la media nacional y 6,5 veces menor que el sector de la construcción.

En este informe, se recogen los índices estadísticos de seguridad y salud de los trabajadores del sector, mostrándose en la Figura 1 los índices de incidencia de accidentes para diferentes sectores económicos. Como puede observarse, el índice correspondiente a la industria química se sitúa como el más bajo (9,32 %) en comparación con la media nacional y con otros sectores como servicios, agrario, industria y construcción. Por lo anterior, es posible suponer que el sector de la industria química en España refleja altos niveles de seguridad y salud para sus trabajadores.

**Figura 1.** Índice de incidencia de los sectores económicos para el año 2021 en España.



*Fuente: Federación Empresarial de la Industria Química Española, (2021.)*

Por otro lado, en lo relacionado con la clasificación de los accidentes de trabajo que ocurren en el sector, estos pueden dividirse de acuerdo con el tipo de lugar, trabajo, actividad física, agente material asociado a la actividad física, forma de contacto, parte del cuerpo lesionada, entre otros.

Los datos más relevantes proporcionados por el citado informe y obtenidos de la clasificación anterior, arrojan que los accidentes se generan en mayor medida en los lugares de producción, talleres o fábricas, con una representación del 68 % sobre el total, seguido de las áreas destinadas al almacenamiento, carga y descarga de materiales y/o productos (8 %) y las zonas industriales (6 %). En cuanto a las actividades laborales, el 62 % de los accidentes se generan en actividades de producción, transformación, tratamiento y almacenamiento de todo tipo.

En cuanto a las actividades físicas realizadas en el trabajo con mayor grado de accidentabilidad, se encuentra andar, correr, subir y bajar (18 %), coger, agarrar, sujetar o poner en un plano horizontal (12 %) y la alimentación o vaciado de la maquinaria (9 %). Por lo anterior, la mayoría de los accidentes de trabajo se presentan como sobreesfuerzos físicos (29 %), aplastamiento sobre o contra, resultado de una caída (13 %), y, contacto con sustancias peligrosas sobre o a través de la piel y de los ojos (8 %).

El contacto con sustancias químicas, radioactivas o biológicas, se constituye como el agente material asociado al 5 % de los accidentes del sector con las formas de contacto más frecuentes a través de la piel y los ojos (8 %) y a través de la nariz, la boca o por inhalación (1 %), causando lesiones inmediatas como quemaduras químicas (5 %). Sin embargo, es importante tener en cuenta, que los efectos de las sustancias químicas varían de acuerdo con su naturaleza y con la exposición a la que está sujeto el trabajador, logrando generar quemaduras, irritaciones, asfixia e intoxicaciones, además de alteraciones crónicas pulmonares, cáncer e incluso, pudiendo afectar algunos órganos o al feto, si la persona que los manipula, se encuentra en estado de embarazo.

Por último, las partes del cuerpo que resultan mayormente afectadas por los trabajadores del sector químico son los dedos (15 %), las manos (9 %), la espalda, incluyendo la columna y las vértebras (8 %) y las piernas (8 %); sufriendo lesiones como, esguinces y torceduras (24 %), lesiones superficiales (13 %) y heridas abiertas (9 %).

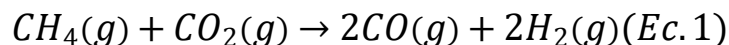
#### **1.4. Proceso a estudiar**

El proceso que se va a estudiar en la presente evaluación de riesgos laborales es un proceso termoquímico, que es aquel en el cual se lleva a cabo una reacción química a una temperatura controlada. En las reacciones químicas se puede consumir o liberar energía, por lo que el control de la temperatura del proceso es de gran importancia (Puppo et al., 2017). Por su parte, las reacciones químicas pueden definirse como procesos en los cuales una o varias sustancias (productos) se forman a partir de otras (reactivos), adquiriendo propiedades físicas y químicas, que pueden ser similares o diferentes (Raviolo et al., 2011). Suelen expresarse mediante una ecuación, en la cual se distinguen los reactivos y productos y las condiciones en las cuales la reacción puede llevarse a cabo (Petrucci et al., 2017).

Generalmente, las reacciones se efectúan dentro de reactores químicos que son capaces de generar y mantener las condiciones necesarias para su desarrollo, permitiendo el tiempo de contacto entre las sustancias y el catalizador (si es necesario), la presión y la temperatura adecuadas.

En la industria existen diferentes tipos de reactores químicos diseñados para responder a distintas necesidades y situaciones en concreto. Entre estos cabe mencionar los reactores discontinuos, continuos y semicontinuos; los tubulares; de agitación continua; de lecho fluidizado, de lecho fijo o con escurrimiento; entre otros.

El proceso termoquímico en el cual se va a centrar el presente trabajo es el reformado seco de metano. Esta es una reacción endotérmica, es decir, que necesita de un aporte de calor, se lleva a cabo en fase gas y se encuentra descrita en la Ecuación 1. Esta reacción requiere de altas temperaturas y de la presencia de un catalizador para poder llevarse a cabo (Navarro Puyuelo, 2021).



En este proceso termoquímico se utilizan una serie de equipos y materiales de laboratorio, así como compuestos químicos y gases, que se detallarán en los siguientes apartados. A continuación, se explicará cómo se aplican todos ellos en la metodología experimental del reformado seco de metano.

#### **1.4.1. Equipos de laboratorio**

En este apartado se recogen los equipos empleados para llevar a cabo el proceso termoquímico estudiado y que se encuentran situados en los laboratorios de investigación del Departamento de Ciencias de la Universidad Pública de Navarra (UPNA).

**Mufla:** Horno destinado a la calcinación, secado o fundición de sustancias, compuesta por una cámara cerrada de materiales refractarios. En este caso, se cuenta con una mufla Naberthem B180 que permite alcanzar temperaturas de hasta 1.200 °C, conectada a una corriente de aire para la retirada de los gases producidos en su interior (Universidad de Zaragoza, 2017).

**Estufa de laboratorio:** Se utiliza para secar materiales, retirando la humedad de los mismos al trabajar a temperaturas de hasta 350 °C (Universidad de Zaragoza, 2018).

**Campana de extracción de gases:** Se encarga de capturar, contener y expulsar las emisiones que puedan generarse al trabajar con sustancias químicas peligrosas además de proteger al trabajador contra proyecciones y salpicaduras, asegurando la ausencia de focos de ignición, protegiendo frente a pequeñas explosiones, permitiendo la renovación de aire y la entrada de aire limpio al área de trabajo (Servicio de Prevención de Riesgos Laborales de la Universidad de la Rioja, 2012).

**Equipo automatizado Microactivity Reference V:** Desarrollado por PID Eng&Tech (Madrid) y destinado a los ensayos a escala de laboratorio de la reacción de reformado seco de metano. Consta de un reactor tubular de cuarzo, ubicado dentro de un horno eléctrico que puede alcanzar temperaturas de hasta 900 °C. Todo ello se encuentra colocado dentro de un compartimento denominado caja caliente que se encarga de minimizar las pérdidas de calor. La instalación consta además de un termopar para la medición de la temperatura en el interior del reactor y un panel de control que puede manipularse tanto manualmente como por medio de un software (Martínez del Monte, 2011).

**Figura 2.** *Equipo Microactivity utilizado en el reformado seco de metano*



**Micro-cromatógrafo de gases (Micro GC):** Es un equipo de laboratorio que se basa en la técnica analítica de la cromatografía de gases. Esta técnica permite la separación, identificación y cuantificación de los compuestos químicos que forman parte de una mezcla compleja. En el proceso de reformado seco de metano, se utiliza un Micro GC Agilent 490 para el análisis de los gases obtenidos en la reacción. Este equipo está compuesto por dos módulos de análisis; el primero permite la separación y análisis de H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y CO, mientras que en el segundo solamente se analizan CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>. En ambos casos se utiliza He como gas portador, arrastrando la muestra gaseosa a lo largo de los módulos de análisis.

**Ordenador:** Para llevar a cabo el control del equipo Microactivity y del MicroGC, el ordenador debe tener instalados ciertos Softwares como Process@ y OpenLAB Control Panel. El primero se utiliza para el control del equipo Microactivity, de modo que el responsable del proceso podrá definir las condiciones del experimento como: la temperatura del reactor, el tiempo de reacción o el caudal de entrada de los gases de alimentación. Por otro lado, el OpenLAB Control Panel permite el control y la calibración del Micro GC, la ejecución del análisis de los gases y el tratamiento de los datos obtenidos.

**Botellas y líneas de gases:** Se utilizan para el suministro de reactivos en fase gaseosa que se requieren para llevar a cabo el reformado seco de metano. Las botellas de gases son recipientes de fácil manejo destinados a contener los gases de uso común en el laboratorio y se componen del sombrerete, la válvula y el cuerpo. Generalmente, tienen una distinción de colores de acuerdo con el tipo de peligro que los gases contenidos generan (Idipaz S.A, 2013). Estas botellas están conectadas a unos manorreductores para la regulación de la presión. Para su colocación, el encargado del proceso debe emplear una llave fija o inglesa adecuada hasta cerrar completamente el sistema y realizar una posterior comprobación de fugas.

Por otro lado, las líneas centrales de gases son una instalación que contiene tuberías, válvulas y reguladores de presión para controlar el suministro de He, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> y aire sintético a la instalación experimental. La alimentación de estas líneas de gases, se efectúa desde botellas de mayor tamaño ubicadas en la caseta de gases de la UPNA.

**Balanza de laboratorio:** Utilizada para pesar masas. Generalmente las balanzas contienen una calibración interna que garantiza la precisión de los datos obtenidos (Diaz, 2019). Para este caso en particular, el laboratorio dispone de una balanza analítica con una



sensibilidad de 1 mg y que permite pesar masas que no superen los 120-200 g (Universidad Nacional del Rosario, 2018). Esta balanza se utiliza para pesar los reactivos con los que se prepara el catalizador, además del material inerte y el catalizador ya preparado que se incorporan dentro del equipo Microactivity para llevar a cabo el proceso termoquímico.

#### **1.4.2. Material de laboratorio**

**Mortero de ágata:** Para triturar y moler los reactivos químicos que vienen en estado sólido, con el fin de obtener tamaños de partículas más pequeños.

**Tamices:** Para la separación de fragmentos de un material sólido de acuerdo con su tamaño. De este modo, los tamices se clasificarán por su número de malla, es decir, por el espaciamiento que existe los alambres que conforman la malla.

**Crisol de porcelana:** Es un recipiente refractario que se utiliza para contener compuestos químicos o sustancias que se van a someter a un tratamiento de calentamiento, fundición, quema o calcinación, ya que, por sus propiedades, es capaz de soportar temperaturas de hasta 1.500 °C.

**Desecador:** Recipiente de vidrio con tapa y borde esmerilado que permite su cierre hermético. El objetivo principal es proteger las sustancias de la humedad. En el proceso estudiado, los sólidos se llevan al desecador una vez sufren un tratamiento de secado o calcinación, ya sea en la estufa o la mufla, y se mantienen hasta alcanzar la temperatura ambiente, luego se recogen en botes herméticamente cerrados o hasta que van a ser usados en la reacción.

**Espátulas:** Son utensilios de laboratorio diseñados para cortar, raspar, recoger y mover productos químicos o sustancias ya sea en polvo o gránulos. Generalmente, están fabricadas en plástico, aluminio, níquel o acero inoxidable y tienen mangos con longitudes y puntas variables para lograr diferentes usos y aplicaciones.

**Bandeja de aluminio:** Se utilizan para la colocación o movilización de muestras, materiales e instrumentos de laboratorio. También pueden ser utilizadas para procesos de secado o calcinación debido a su capacidad de resistir a altas temperaturas.

**Material de vidrio:** Incluye utensilios como la pipeta, el matraz aforado, el vaso de precipitados, la bureta, los viales, la varilla y el embudo de cuello largo. Se usan principalmente para la transferencia y medición de volúmenes, la preparación de disoluciones, la agitación, la contención o trasvase de líquidos o sustancias químicas, entre otros.

### 1.4.3. Gases y productos químicos utilizados

A continuación, se detallan los gases y productos químicos utilizados en el proceso termoquímico a estudiar, incluyendo los empleados para la preparación del catalizador, así como los requeridos para el reformado seco de metano.

En la Tabla 2, se presentan los gases utilizados en el proceso, junto con su fórmula química y el uso al que se destinan, si bien esto último se explicará en más detalle en el siguiente apartado. Todos los gases utilizados son suministrados por Nippon Gases España en botellas de alta pureza.

**Tabla 2.** *Listado de gases utilizados en el reformado seco de metano.*

<b>Gas</b>	<b>Fórmula química</b>	<b>Uso</b>
<b>Biogás sintético</b>	CH <sub>4</sub> (54 %) CO <sub>2</sub> (40 %) N <sub>2</sub> (6%)	Reacción
<b>Aire sintético</b>	O <sub>2</sub> (21 %) N <sub>2</sub> (79 %)	Calcinación del catalizador
<b>Metano</b>	CH <sub>4</sub>	Reacción
<b>Dióxido de carbono</b>	CO <sub>2</sub>	Reacción
<b>Monóxido de carbono</b>	CO	Reacción
<b>Hidrógeno</b>	H <sub>2</sub>	Reacción
<b>Nitrógeno</b>	N <sub>2</sub>	Reacción
<b>Helio</b>	He	Pretratamiento del catalizador y funcionamiento del Micro GC.

En la Tabla 3 se presentan los reactivos líquidos y materiales sólidos usados en el proceso, junto con su fórmula química, uso y casa comercial.

**Tabla 3.** *Listado de reactivos líquidos y materiales sólidos utilizados en el reformado seco de metano.*

<b>Reactivo</b>	<b>Fórmula química</b>	<b>Casa comercial</b>	<b>Uso</b>
<b>Agua desionizada</b>	H <sub>2</sub> O	Mili-Q	Preparación del catalizador y limpieza del material
<b>Acetona</b>	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	OPPAC	Limpieza del material
<b>Nitrato de rodio (III) en disolución 10 % (m/v) de Rh en 20-25 % de HNO<sub>3</sub></b>	Rh (NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	Acros Organics	Preparación del catalizador
<b>Alfa alúmina</b>	α-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Strem Chemicals	Material inerte
<b>Óxido de Aluminio</b>	γ-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Alfa Aesar	Preparación del catalizador
<b>Lana de cuarzo</b>	-	Macherey-Nagel	Soporte del lecho catalítico

#### **1.4.4. Metodología experimental**

La metodología experimental que se lleva a cabo inicia con la preparación del catalizador. Seguido de esto, se procede con el reformado seco de metano, el cual se lleva a cabo en una instalación experimental que consta de tres sistemas: alimentación, reacción y análisis. A continuación, se describen cada una de estas etapas.

#### **Preparación del catalizador**

La preparación del catalizador se lleva a cabo por medio del método conocido como impregnación por humedad incipiente. Este método consiste en la impregnación del soporte (alúmina) con una disolución del precursor metálico, preparada con nitrato de rodio y agua destilada. Las cantidades a utilizar tanto del soporte como del precursor, están previamente calculadas y definidas, con el objetivo de lograr un catalizador con un contenido de 0,5 % en peso de rodio. Este proceso comienza con la trituration y tamizado de la alúmina, separando

y seleccionando solo partículas con un tamaño comprendido entre 100 y 200  $\mu\text{m}$ . A continuación, la alúmina tamizada se calcina en la mufla a 750 °C durante 6 horas en presencia de una corriente de aire. Transcurrido este tiempo, se deja enfriar el soporte, se ubica dentro del desecador para evitar que absorba humedad y, finalmente, se almacena en viales de vidrio cuidadosamente etiquetados para su posterior uso.

Una vez acondicionada la alúmina, se procede con la preparación del catalizador. Para ello, se impregna el soporte con la disolución de nitrato de rodio preparada. Para que la impregnación sea efectiva y homogénea, debe mezclarse continuamente el soporte con la disolución que se añade poco a poco, hasta lograr la apariencia que se ilustra en la Figura 3.

**Figura 3.** *Soporte de alúmina impregnado con la disolución metálica.*



*Fuente:* Navarro-Puyuelo, (2021)

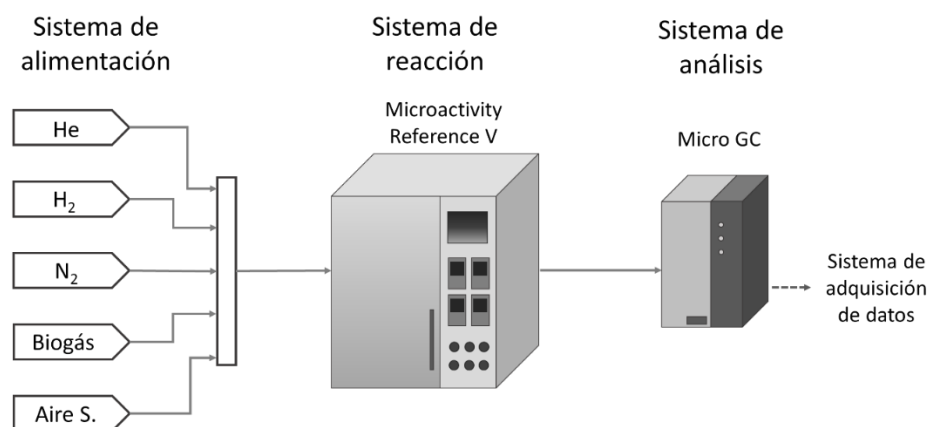
Una vez impregnado el soporte, el sólido obtenido se seca en la estufa a una temperatura de 105 °C. Tras su enfriamiento, una parte del catalizador se almacena directamente en viales de vidrio, mientras que las dos partes restantes se calcinan a 200 y 750 °C, obteniéndose así tres catalizadores de 0,5 % Rh sobre  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Al finalizar la preparación del catalizador, el responsable del proceso debe dejar todos los materiales y equipos empleados limpios y en buen estado, siguiendo los protocolos establecidos por el laboratorio.

### Reformado seco de metano

Como se mencionó al inicio de este apartado, el reformado seco de metano se lleva a cabo en una instalación experimental que se compone de tres sistemas. A continuación, en la Figura 4, se ilustran cada uno de los sistemas, así como el orden secuencial de los mismos para llevar a cabo el proceso termoquímico.

**Figura 4.** Esquema de la instalación experimental del reformado seco de metano

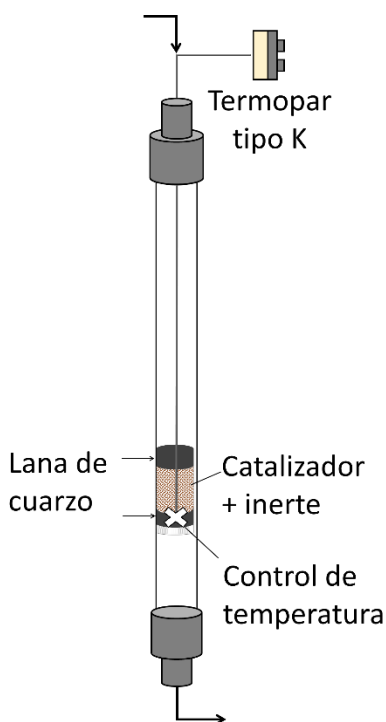


*Fuente:* Navarro-Puyuelo, (2021)

El sistema de alimentación está compuesto por cinco líneas de gases (He, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, biogás y aire sintético), cinco controladores de caudal y un elemento destinado a la mezcla de las corrientes gaseosas antes de su entrada al sistema de reacción. En algunos casos se llevan a cabo ensayos con diferentes composiciones de la corriente de alimentación, cambiando la línea de aire sintético por CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> o CO.

Para llevar a cabo la reacción se emplea el equipo Microactivity previamente explicado. Dentro del reactor tubular de cuarzo se introduce el catalizador mezclado con un inerte ( $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), de acuerdo con las proporciones determinadas para cada experimento, constituyendo así un lecho fijo que queda sostenido con tapones de lana de cuarzo en sus dos extremos. A la salida del lecho catalítico se sitúa el extremo sensible de un termopar con el objetivo de efectuar el control sobre la temperatura del sistema. El montaje del reactor en cuestión se ilustra en la Figura 5. Cabe resaltar que, una vez realizado el montaje, es necesario verificar el correcto cierre del reactor y la ausencia de fugas de gases para poder efectuar el proceso de manera adecuada.

**Figura 5.** *Instalación del reactor de cuarzo.*



*Fuente:* Navarro-Puyuelo, (2021)

El proceso del reformado seco de metano está compuesto por varias etapas, cuyas condiciones de temperatura y caudal de los gases utilizados se controlan con el software PROCESS@. En la primera etapa, el lecho catalítico se calienta desde temperatura ambiente hasta 700 °C haciendo pasar una corriente de helio. A continuación, pasa por un periodo de estabilización del sistema en el cual se mantiene la misma temperatura durante 30 minutos y se mantiene el gas en circulación. En la segunda etapa inicia la reacción catalítica en la cual se mantiene el sistema a 700 °C durante 120 minutos, haciendo pasar por el reactor la corriente de alimentación, compuesta normalmente por biogás sintético. Una vez concluida la etapa de reacción, se interrumpe el flujo de la corriente de alimentación, se introduce un pequeño caudal de helio y se deja enfriar el sistema hasta que alcanza la temperatura ambiente.

Finalmente, el sistema de análisis consta de un micro-cromatógrafo de gases que se utiliza para analizar la composición de la corriente de alimentación y de la corriente gaseosa obtenida en la etapa de reacción.

## **2. OBJETIVOS**

El objetivo general de este trabajo es realizar una evaluación de los principales riesgos laborales que existen en un laboratorio de investigación química, y en concreto aquellos presentes en un puesto de trabajo de laboratorio en el que se realizan procesos termoquímicos como pueda ser el de reformado seco de metano. Se realizará la evaluación correspondiente de los riesgos desde el punto de vista de las cuatro materias principales de la Prevención de Riesgos Laborales: Seguridad, Higiene, Ergonomía y Psicología.

Para la consecución de este objetivo general se han fijado una serie de objetivos específicos que se enumeran a continuación:

- Identificar todos los riesgos presentes en el puesto de trabajo, a través de la visita al laboratorio y del estudio de todas las actividades realizadas a la hora de llevar a cabo un ensayo catalítico de reformado seco de metano.
- Evaluar la peligrosidad del puesto de trabajo por medio de la metodología autorizada propuesta por el INSST, estableciendo niveles de severidad y probabilidad de los riesgos encontrados para las diferentes materias de la prevención.
- Proponer medidas preventivas y/o correctivas para la mitigación, reducción o eliminación de los riesgos previamente identificados en cada una de las actividades estudiadas.

### **3. METODOLOGÍA**

En este apartado se detalla la metodología seguida en la evaluación de riesgos del puesto de trabajo, desde la recopilación de la información y datos de trabajo, hasta los métodos empleados para la calificación de los mismos.

#### **3.1. Recopilación de información**

Para obtener la información correspondiente a las condiciones del puesto de trabajo en estudio, se establece contacto con la persona encargada de llevar a cabo el proceso termoquímico en los laboratorios de investigación del Departamento de Ciencias de la UPNA. La información recabada es aquella relacionada con las tareas a realizar, los lugares en donde se desempeñan las funciones, la formación e información recibida, el material y los equipos utilizados, los gases y reactivos necesarios para el reformado seco de metano, así como cualquier otro factor que pueda afectar las condiciones del puesto de trabajo.

Adicionalmente, se acuerda entre ambas partes una visita que tiene lugar en los laboratorios de la UPNA, con el objetivo de identificar de una forma más visual y detallada las condiciones del puesto de trabajo y los procedimientos que se ejecutan para llevar a cabo el proceso termoquímico en cuestión y, de este modo, poder realizar una valoración más objetiva de los riesgos presentes en el puesto durante la jornada laboral.

#### **3.2. Identificación de riesgos**

Durante la visita realizada, se lograron identificar los riesgos generales y específicos del puesto de trabajo. Dicha identificación se realizó teniendo como punto de partida las formas más comunes de los riesgos laborales establecidas por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2000).

El INSST clasifica los riesgos en accidentes de trabajo y enfermedades laborales. Estos términos se definen en la Ley General de la Seguridad Social (Ministerio de Empleo y Seguridad Social, 2015), como se expone a continuación:

- Accidente de trabajo: Toda lesión corporal que el trabajador pueda sufrir como consecuencia del trabajo que desarrolla por cuenta ajena. Se incluyen los accidentes sufridos al ir o volver del lugar de trabajo, los ocurridos como consecuencia del desarrollo de cargos de carácter sindical, los ocurridos en el cumplimiento de las



órdenes del empresario, aun desarrollando tareas distintas a las de su grupo profesional y similares.

- Enfermedad laboral: Aquella contraída como consecuencia del trabajo ejecutado por cuenta ajena. Para determinar si la enfermedad es laboral o común, debe recurrirse al cuadro de enfermedades profesionales del Real Decreto 1299/2006 (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 2006).

A continuación, en la Tabla 4 se nombran los accidentes más comunes que puede sufrir el trabajador del puesto estudiado.

**Tabla 4.** *Formas más comunes de los riesgos accidentes laborales.*

<b>ACCIDENTES LABORALES</b>	
Caída de personas a distinto nivel	Contactos térmicos
Caída de personas al mismo nivel	Contactos eléctricos directos e indirectos
Caída de objetos en manipulación	Exposición a sustancias nocivas o tóxicas
Caída de objetos desprendidos	Contacto con sustancias cáusticas o corrosivas
Pisadas sobre objetos	Explosiones
Choques contra objetos inmóviles	Incendios
Golpes/cortes por objetos o herramientas	Accidente in itinere
Atrapamientos por o entre objetos	Lesiones dérmicas y oculares
Sobreesfuerzos	

*Fuente:* *Formas más comunes de los riesgos laborales*, Evaluación de las condiciones de trabajo en pequeñas y medianas empresas, 2000, de Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Asimismo, existen otros riesgos, que si bien, no son comunes para este caso en concreto, también se pueden presentar bajo condiciones laborales distintas, como son: caída de objetos

por desplome o derrumbamiento, choques contra objetos móviles, proyección de fragmentos o partículas, atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos, exposición a temperaturas ambientales extremas, exposición a radiaciones, accidentes causados por seres vivos, atropellos o golpes con vehículos.

De la tabla anterior, es posible inferir que los accidentes laborales que se pueden sufrir en el puesto de trabajo son en su mayoría relacionados con la especialidad de seguridad; lo cual se debe a la naturaleza de los materiales y equipos de trabajo, a las instalaciones del lugar, a las rutinas y a la forma de ejecutar las tareas.

Sin embargo, también se pueden presentar accidentes relacionados con la especialidad de higiene, debido a la manipulación de productos químicos. La gravedad de estos accidentes dependerá de la naturaleza de la sustancia y de la forma de contacto, que puede ser por contacto directo, inhalación o ingestión. También se pueden presentar accidentes relacionados con la especialidad de ergonomía, puesto que el trabajador desempeña sus tareas, ejerciendo posturas sostenidas y manipulando con frecuencia los diferentes elementos de trabajo en el plano horizontal, lo cual puede generar algún tipo de lesión o molestia articular.

En la Tabla 5, se presentan los factores de riesgo más comunes que pueden derivar en una enfermedad laboral para el trabajador del puesto estudiado.

**Tabla 5.** *Factores de riesgo que pueden derivar en una enfermedad laboral.*

<b>ENFERMEDAD PROFESIONAL</b>	
<b><u>Exposición a contaminantes químicos</u></b>	Iluminación inadecuada
<b><u>Ruido</u></b>	Fatiga física y mental
<b><u>Vibraciones</u></b>	Estrés laboral
<b><u>Estrés térmico</u></b>	Sobreesfuerzos
<b><u>Otros: Exposición a contaminantes biológicos, radiaciones ionizantes y no ionizantes.</u></b>	

*Fuente: Formas más comunes de los riesgos laborales, Evaluación de las condiciones de trabajo en pequeñas y medianas empresas, 2000, de Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.*

Sin duda, los factores de riesgo que pueden generar enfermedades en el trabajador en este caso de estudio, son en su mayoría de la especialidad de higiene, ya que las diferentes tareas asignadas lo exponen a contaminantes como sustancias químicas, ruido, vibraciones y fuentes de calor. Sin embargo, por las condiciones del puesto de trabajo, el factor de riesgo de mayor importancia es el de la exposición a contaminantes químicos, pues se trabaja con sustancias que pueden generar efectos que van desde la intoxicación hasta causar daños en el feto o en diferentes órganos.

Además de esto, se identifica la posibilidad de padecer enfermedades de origen ergonómico, asociadas a la fatiga, que puede ser de tipo visual, física y mental, sin dejar de lado los sobreesfuerzos que pueden derivar en trastornos musculoesqueléticos. Finalmente, se identifica la posibilidad de padecer estrés laboral debido al esfuerzo mental elevado y a la responsabilidad que exige el puesto de trabajo.

### **3.3. Valoración de los riesgos identificados**

Una vez obtenida la información suficiente para la identificación de los riesgos presentes en el puesto de trabajo, se procede con la valoración de los mismos, aplicando el método Binario propuesto por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo., (1996). Este método estima la magnitud del riesgo, teniendo en cuenta dos factores: la severidad y la probabilidad de que este ocurra, aplicando los siguientes criterios:

- **Severidad del daño.** Para determinar la potencial severidad del daño, debe considerarse:
  - a) partes del cuerpo que se verán afectadas.
  - b) naturaleza del daño, graduándolo desde ligeramente dañino a extremadamente dañino.

Ejemplos de ligeramente dañino:

- Daños superficiales: cortes y magulladuras pequeñas, irritación de los ojos por polvo.
- Molestias e irritación, por ejemplo: dolor de cabeza, discomfort.

Ejemplos de dañino:

- Laceraciones, quemaduras, conmociones, torceduras importantes, fracturas menores.
- Sordera, dermatitis, asma, trastornos músculo-esqueléticos, enfermedad que conduce a una incapacidad menor.

Ejemplos de extremadamente dañino:

- Amputaciones, fracturas mayores, intoxicaciones, lesiones múltiples, lesiones fatales.
  - Cáncer y otras enfermedades crónicas que acorten severamente la vida.
- **Probabilidad de que ocurra el daño.** Se puede graduar, desde baja hasta alta, con el siguiente criterio:
- Probabilidad alta: El daño ocurrirá siempre o casi siempre.
  - Probabilidad media: El daño ocurrirá en algunas ocasiones.
  - Probabilidad baja: El daño ocurrirá raras veces.

Para evaluar la probabilidad, deben considerarse, además las medidas de control ya implantadas, las características personales del trabajador, la frecuencia de exposición al riesgo, la protección suministrada por los EPI, los fallos en el servicio o en los componentes de las máquinas e instalaciones y los actos inseguros que realiza el trabajador.

Una vez estimada la probabilidad y la severidad del riesgo identificado, se determina la magnitud del mismo ubicando los valores estimados y obteniendo el nivel del riesgo como trivial, tolerable, moderado, importante e intolerable. Todo ello se lleva a cabo haciendo uso del esquema que se ilustra en la Tabla 6, en la que se recogen las combinaciones para las distintas situaciones de severidad y probabilidad, el nivel de riesgo resultante y la escala de color aceptada para cada uno de los niveles.

**Tabla 6.** *Obtención del nivel de riesgo.*

		<b>Nivel del riesgo</b>		
		<b>Severidad del riesgo</b>		
		Ligeramente dañino	Dañino	Extremadamente dañino
Probabilidad	Baja	Riesgo Trivial	Riesgo Tolerable	Riesgo Moderado
	Media	Riesgo Tolerable	Riesgo Moderado	Riesgo importante
	Alta	Riesgo Moderado	Riesgo importante	Riesgo intolerable

*Fuente: Nivel de Riesgo, Evaluación de Riesgos Laborales, 1996, de Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.*

### **3.4. Propuesta de medidas preventivas**

El nivel de riesgo obtenido a partir de la Tabla 6, clasifica el riesgo como trivial, tolerable, moderado, importante e intolerable. Esta clasificación ha sido establecida por el INSST de acuerdo con las acciones específicas que requiere cada tipo de riesgo, como se explica en la tabla 7, y, además se constituye como base para el establecimiento de actuaciones o la modificación de las medidas preventivas ya establecidas, así como la urgencia con la que estas deben adoptarse.

**Tabla 7.** *Acción y temporización.*

<b>Riesgo</b>	<b>Acción y temporización</b>
<b>Trivial</b>	No se requiere acción específica.
<b>Tolerable</b>	No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo, se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.

<b>Riesgo</b>	<b>Acción y temporización</b>
<b>Moderado</b>	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un período determinado. Cuando el riesgo moderado está asociado con consecuencias extremadamente dañinas, se precisará una acción posterior para establecer, con más precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control.
<b>Importante</b>	No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.
<b>Intolerable</b>	No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados, debe prohibirse el trabajo.

*Fuente: Valoración de Riesgos, Evaluación de Riesgos Laborales, 1996, de Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.*

De este modo, si en la evaluación se identifican riesgos triviales, quiere decir que las medidas preventivas establecidas para ese riesgo en concreto, funcionan correctamente. Sin embargo, si se identifican riesgos tolerables y moderados, será necesario implantar nuevas medidas o mejorar las ya existentes para que el trabajador pueda desempeñar sus tareas en condiciones de seguridad.

Finalmente, si se identifican riesgos importantes e intolerables, el trabajador no podrá ejecutar su trabajo sin antes haber adoptado medidas para reducir el riesgo y, si en alguna situación, el riesgo no se puede disminuir, deberá prohibirse el trabajo bajo esas condiciones en específico.

#### **4. EVALUACIÓN DE RIESGOS**

En este apartado, se detalla la evaluación de riesgos realizada para el puesto de trabajo estudiado. Para una comprensión más sencilla, la estructura que se ha seguido recoge el estudio de los riesgos de cada una de las materias de la Prevención de Riesgos Laborales por

separado (seguridad, higiene, ergonomía y psicología), detallando en primer lugar los hallazgos del puesto, es decir, las situaciones que generan el riesgo identificado y las medidas preventivas ya implementadas. En segundo lugar, se incluye una tabla de evaluación de los riesgos presentes, siguiendo la metodología planteada en el apartado anterior.

#### **4.1. Riesgos de seguridad**

Los riesgos recogidos en este apartado son derivados de las condiciones de seguridad en el trabajo. En este punto se trabaja con la normativa legal relacionada con seguridad laboral, haciendo referencia concreta y detallada en los puntos en los que resulta de aplicación.

- **Riesgo S1. Contactos térmicos:**

**Hallazgos:**

- Se introduce y se retira el catalizador de la mufla y de la estufa, tras haberlo sometido a temperaturas de 750 °C y 105 °C, respectivamente. Para esto se utilizan guantes para autoclave de la marca Bel-Art con referencia #H 13201.
- Realización de maniobras dentro de la caja caliente y del horno del equipo Microactivity para retirar e introducir el reactor de cuarzo.

- **Riesgo S2. Caída de personas a distinto nivel:**

**Hallazgos:**

- El personal debe subir y bajar escaleras para acceder al laboratorio, para dirigirse hacia la sala de trabajo y a la caseta de gases.

- **Riesgo S3. Caída de personas al mismo nivel:**

**Hallazgos:**

- El personal se desplaza entre los laboratorios de la UPNA, la sala de trabajo, la caseta de gases y demás áreas comunes de la Universidad.
- Debido a la actividad en el laboratorio, pueden generarse derrames de sustancias líquidas en el suelo.

- Existen multitud de instalaciones, equipos y mesas de trabajo que se deben sortear al acceder a determinados equipos.

- **Riesgo S4. Caída de objetos en manipulación:**

**Hallazgos:**

- Manipulación de equipos y materiales del laboratorio, que en su mayoría son de vidrio.
- Manipulación de muestras, sustancias químicas y similares.

- **Riesgo S5. Caída de objetos desprendidos:**

**Hallazgos:**

- El laboratorio cuenta con frigoríficos, armarios y estanterías para el acopio de los productos químicos de acuerdo con las condiciones de almacenamiento que estos requieren.
- El material de vidrio se encuentra almacenado en cajones ubicados bajo las mesas de trabajo.

- **Riesgo S6. Lesiones en la piel y en los ojos:**

**Hallazgos:**

- El personal del laboratorio utiliza la instalación de aire comprimido para secar el reactor de cuarzo después de lavarlo. Puesto que su accionamiento es debido a un fluido a presión, su utilización da lugar a riesgos que se pueden agravar si se hace un uso incorrecto de la instalación.

Para la realización de esta tarea se emplean guantes de nitrilo y gafas de seguridad.



- **Riesgo S7. Pisadas sobre objetos:**

**Hallazgos:**

- Debido a que el laboratorio es un espacio concurrido por estudiantes, trabajadores y profesores de la Universidad, pueden presentarse situaciones en donde hay elementos personales en el suelo, cableado de los equipos en uso y otros elementos.

- **Riesgo S8. Choques contra objetos inmóviles:**

**Hallazgos:**

- Pueden presentarse durante el desplazamiento por el laboratorio y las áreas comunes.
- Presencia de partes salientes de equipos, mesas de trabajo y objetos presentes en el laboratorio y demás áreas de trabajo y desplazamiento.
- Presencia de botella de gases conectadas a los equipos de trabajo.

- **Riesgo S9. Golpes/cortes por objetos o herramientas:**

**Hallazgos:**

- Debido a la manipulación de material de laboratorio de vidrio y cerámica.

- **Riesgo S10. Atrapamiento por o entre objetos**

**Hallazgos:**

- Uso de equipos de laboratorio que pueden tener presencia de partes móviles en las que el personal puede introducir alguna parte de su cuerpo.

- **Riesgo S11. Contactos eléctricos directos e indirectos:**

**Hallazgos:**

- Equipos de laboratorio, enchufes y conexiones eléctricas en las que se pueden presentar fallos eléctricos.
- Uso inadecuado del cableado de los equipos, enchufes en mal estado, cables pelados o de mala calidad.

### *Análisis y Prevención de Riesgos en Procesos Termoquímicos*

- Acumulación de enchufes y conexiones eléctricas empleando alargadores o regletas de enchufes.
- Posible falta de mantenimiento o mantenimiento deficiente en las instalaciones eléctricas.
- Posibles contactos indirectos con elementos en puestos en tensión involuntariamente.
- **Riesgo S12. Explosiones y/o incendios.**

#### **Hallazgos:**

- Presencia de gases explosivos, inflamables y comburentes como insumos químicos del laboratorio. Para evitar la formación de gases explosivos e inflamables, el laboratorio cuenta con ventilación, y, por otro lado, la mufla se encuentra ubicada dentro de una campana de gases y es alimentada con una corriente de aire para la disipación de los mismos.
- Posibles fallos en los equipos e instalaciones eléctricas.
- **Riesgo S13. Accidente In Itinere:**

#### **Hallazgos:**

- El personal se desplaza desde su hogar hacia el laboratorio y viceversa.

Tras la descripción de los riesgos pertinentes en materia de seguridad, se incluye a continuación en la Tabla 8 la evaluación de cada uno de los riesgos estudiados, asignando los valores correspondientes en cuanto a severidad y probabilidad y estableciendo el correspondiente nivel de riesgo.

**Tabla 8.** Evaluación de riesgos de seguridad.

RIESGO	EVALUACIÓN DEL RIESGO		
	SEVERIDAD*	PROBABILIDAD**	NIVEL DE RIESGO
<b>RIESGOS DE SEGURIDAD</b>			
S1. Contactos térmicos	D	B	Tolerable
S2. Caída de personas a distinto nivel	D	M	Moderado
S3. Caída de personas al mismo nivel	LD	M	Tolerable
S4. Caída de objetos en manipulación	D	M	Moderado
S5. Caída de objetos desprendidos.	D	B	Tolerable
S6. Lesiones en la piel y los ojos.	ED	B	Moderado
S7. Pisadas sobre objetos	LD	B	Trivial
S8. Choques contra objetos inmóviles	LD	B	Trivial
S9. Golpes/cortes por objetos o herramientas	LD	M	Tolerable
S10. Atrapamiento por o entre objetos	ED	B	Moderado
S11. Contactos eléctricos directos e indirectos	ED	B	Moderado
S12. Explosiones y/o incendios	ED	B	Moderado
S13. Accidente in itinere	ED	B	Moderado

\*Severidad: LD- Ligeramente dañino; D- Dañino, ED- Extremadamente dañino

\*\*Probabilidad: B- Baja; M- Media; A- Alta

Con base en lo anterior, se incluye también una escala de color según el nivel de riesgo obtenido. Para este caso en concreto se identificaron riesgos triviales (amarillo pálido), tolerables (amarillo brillante) y moderados (rojo pálido), para los cuales deberán implementarse acciones específicas de acuerdo con la temporización establecida previamente en la Tabla 7.

#### **4.2. Riesgos higiénicos**

En este apartado se identifican y evalúan los riesgos relacionados con la especialidad de higiene en el trabajo. Dicha evaluación se realizó teniendo en cuenta las condiciones del puesto de trabajo y las medidas preventivas ya implementadas.

- **Riesgo H1. Exposición a productos químicos por inhalación, contacto o ingestión.**

#### **Hallazgos:**

- Para llevar a cabo el reformado seco de metano, el trabajador debe manipular productos químicos gaseosos, sólidos y líquidos; los cuales poseen ciertas características de peligrosidad debido a su naturaleza y composición. Entre las actividades de manipulación se incluye la trituración del material sólido, la mezcla y preparación de catalizadores.

A continuación, en las Tablas 9 y 10, se listan los reactivos gaseosos, sólidos y líquidos utilizados en el reformado seco de metano, así como la identificación de los peligros asociados a su uso. Cabe recalcar, que dicha identificación se obtiene a partir de las fichas de datos de seguridad (FDS) entregadas por los diferentes proveedores.

**Tabla 9.** *Identificación de peligros asociados a los reactivos gaseosos.*

<b>REACTIVOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN EL PROCESO TERMOQUÍMICO</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Identificación de peligros</b>
<b>Reactivos gaseosos</b>		
<b>Aire sintético</b>	N <sub>2</sub> y O <sub>2</sub>	<b>H280.</b> Gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.
<b>Metano</b>	CH <sub>4</sub>	<b>H220.</b> Gas extremadamente inflamable. <b>H280.</b> Gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento. Puede desplazar el oxígeno y causar asfixia rápida.

<b>Dióxido de carbono</b>	CO <sub>2</sub>	<b>H280.</b> Gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.
<b>Monóxido de carbono</b>	CO	<b>H220.</b> Gas extremadamente inflamable. <b>H280.</b> Gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento. <b>H331.</b> Tóxico en caso de inhalación. <b>H360D.</b> Puede dañar al feto. <b>H372.</b> Daños en los órganos tras inhalación prolongada o repetida. El contacto con líquido o gas refrigerado puede causar quemaduras frías o congelación.
<b>Hidrógeno</b>	H <sub>2</sub>	<b>H220.</b> Gas extremadamente inflamable. <b>H280.</b> Gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.
<b>Nitrógeno</b>	N <sub>2</sub>	<b>H280.</b> Gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.
<b>Helio</b>	He	<b>H280.</b> Gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.
<b>Biogás sintético</b>	CH <sub>4</sub> (54 %) CO <sub>2</sub> (40 %) N <sub>2</sub> (6 %)	Debido a que el biogás sintético es una composición de gases, tendrá los riesgos asociados a cada uno de sus componentes.

En cuanto a los reactivos en estado gaseoso, se identifica que todos presentan el riesgo de explosión en caso de calentamiento, debido a que están contenidos bajo presión en las botellas de gases. Adicionalmente, se identifican características de inflamabilidad, toxicidad y características que son dañinas para el feto y para algunos órganos.

Con base en lo anterior, se han implementado medidas como la alimentación al sistema por medio de líneas de gases ancladas a la pared y la verificación de fugas antes de iniciar con el experimento.

**Tabla 10.** *Identificación de peligros asociados a los reactivos líquidos y sólidos.*

<b>REACTIVOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN EL PROCESO TERMOQUÍMICO</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Identificación de peligros</b>
<b>Reactivos líquidos y sólidos</b>		
<b>Agua</b>	H <sub>2</sub> O	No es una sustancia peligrosa
<b>Acetona</b>	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	<b>H225.</b> Líquido y vapores muy inflamables. <b>H319.</b> Provoca irritación ocular grave. <b>H336.</b> Puede provocar somnolencia o vértigo. <b>EUH066.</b> Sequedad o formación de grietas en la piel
<b>Nitrato de rodio</b>	Rh (NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	<b>H272.</b> Líquido comburente; puede agravar un incendio. <b>H290.</b> Corrosivo para los metales. <b>H331.</b> Tóxico en caso de inhalación. <b>H314.</b> Provoca quemaduras graves en la piel. <b>H318.</b> Provoca lesiones oculares graves. <b>EUH071.</b> Corrosivo para las vías respiratorias
<b>Alfa alúmina y Óxido de Aluminio</b>	α-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> y γ-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<b>H315.</b> Provoca irritación cutánea. <b>H319.</b> Provoca irritación ocular grave. <b>H335.</b> Puede irritar las vías respiratorias.
<b>Lana de cuarzo</b>	-	No cumple con los criterios de clasificación como sustancia peligrosa.

En lo que compete a los reactivos sólidos y líquidos, se identifica que estas sustancias son irritantes, corrosivas, inflamables y comburentes. Sin embargo, durante su almacenamiento, se encuentran en espacios determinados y en lejanía con el objetivo de evitar la formación de mezclas que pueden resultar peligrosas.

Adicionalmente, el trabajador porta EPIs como bata de laboratorio, guantes de nitrilo, gafas de seguridad y mascarilla (FFP3 para la trituración del soporte y quirúrgica para el resto del proceso) durante el tiempo en que se encuentra realizando tareas dentro del laboratorio.

- **Riesgo H2. Ruido**

**Hallazgos:**

- Manipulación de la instalación de aire comprimido para el secado del reactor de cuarzo después de lavado. Si bien, no se usa ningún EPI, el tiempo de exposición es bastante corto.

- **Riesgo H3. Vibraciones en la zona mano-brazo.**

**Hallazgos:**

- Manipulación de la instalación de aire comprimido para el secado del reactor de cuarzo después de lavado. Si bien, no se usa ningún EPI, el tiempo de exposición es bastante corto.

- **H4. Estrés térmico por calor**

**Hallazgos:**

- El proceso termoquímico requiere que el trabajador manipule equipos que pueden llegar a desprender calor por las temperaturas elevadas a las que trabaja. Estos equipos son la mufla, la estufa, el reactor Microactivity y el micro-cromatógrafo de gases.

En este punto es importante resaltar que el laboratorio por ser un espacio que alberga diferentes sustancias químicas, debe contar con sistemas de ventilación y de calefacción que mantengan las condiciones de temperatura óptimas.

Teniendo en cuenta la información recogida, se evalúan los riesgos higiénicos como se muestra a continuación en la Tabla 11, asignando valores de severidad y probabilidad para cada uno de estos.

**Tabla 11.** *Evaluación de riesgos higiénicos.*

RIESGO	EVALUACIÓN DEL RIESGO		
	SEVERIDAD*	PROBABILIDAD**	NIVEL DE RIESGO
<b>RIESGOS HIGIÉNICOS</b>			
H1. Exposición a productos químicos por inhalación, contacto o ingestión.	ED	B	Moderado
H2. Ruido	D	B	Tolerable
H3. Vibraciones en la zona mano-brazo.	D	B	Tolerable
H4. Estrés térmico por calor	LD	B	Trivial

\*Severidad: LD- Ligeramente dañino; D- Dañino, ED- Extremadamente dañino

\*\*Probabilidad: B- Baja; M- Media; A- Alta

De la evaluación de riesgos higiénicos se logró identificar la presencia de un riesgo trivial, dos riesgos tolerables y un riesgo moderado. Por lo anterior, será necesario implementar alguna mejora que no suponga una carga económica importante para los riesgos de ruido y vibraciones y, por otro lado, implantar nuevas medidas preventivas que ayuden a reducir el riesgo de exposición a productos químicos.

### **4.3. Riesgos ergonómicos**

A continuación, se detallan en este apartado los riesgos ergonómicos identificados para el puesto de trabajo estudiado y se realiza su respectiva evaluación de riesgos, teniendo en cuenta las condiciones iniciales del puesto y la normativa legal vigente que establece las condiciones mínimas de seguridad y salud.

- **Riesgo E1. Fatiga visual.**

#### **Hallazgos:**

- El proceso termoquímico requiere el trabajo con pantallas de visualización de datos (PVDs), entre las cuales se incluyen el panel de control del equipo Microactivity y



los dos ordenadores que se encuentran ubicados en el laboratorio y en la sala de trabajo, respectivamente.

- Realización de tareas con esfuerzo visual como: medición de volúmenes y pesos exactos, visualización de datos en pantallas y papel, realización de cálculos, ubicación del lecho catalítico dentro del reactor, entre otras.
- **Riesgo E2. Fatiga física.**

**Hallazgos:**

- Cuando el experimento requiere el empleo de gases que no forman parte de las instalaciones ancladas a la pared, el trabajador debe movilizar las botellas de gases necesarias dentro de las instalaciones del laboratorio.

En caso de que en el laboratorio no esté la botella de gas necesario, deberá traerla desde la caseta de gases y así mismo, llevar a este lugar todas las botellas que se encuentren vacías. Para esta tarea se hace uso de una carretilla manual, la cual se baja por el montacargas y se moviliza hasta la caseta de gases.

- Movimientos repetitivos en la realización de tareas como: trituración y tamizado de la alúmina, agitación y mezcla de sustancias químicas, ensamblaje y desmontaje del reactor de cuarzo, manipulación de equipos y materiales de laboratorio en el plano horizontal.
- Posturas mantenidas por periodos de tiempo prolongados (de pie, sentado y semisentado).
- Higiene postural deficiente en el trabajo con PVDs.

Con base en la información recogida por medio de la observación de las tareas y de las condiciones del puesto de trabajo, se realizó la evaluación de los riesgos identificados siguiendo la metodología propuesta por el INSST, dando como resultado los niveles de riesgo que se pueden observar en la Tabla 12.

**Tabla 12.** *Evaluación de riesgos ergonómicos.*

RIESGO	EVALUACIÓN DEL RIESGO		
	SEVERIDAD*	PROBABILIDAD**	NIVEL DE RIESGO
RIESGOS ERGONÓMICOS			
E1. Fatiga visual	LD	A	Moderado
E2. Fatiga física	D	B	Tolerable

\*Severidad: LD- Ligeramente dañino; D- Dañino, ED- Extremadamente dañino

\*\*Probabilidad: B- Baja; M- Media; A- Alta

Del proceso anterior, se logró identificar que la fatiga visual es un riesgo moderado, mientras que, la fatiga física es un riesgo tolerable. Por esto, siguiendo lo establecido por el INSST en cuanto a acción y temporización, deberán implementarse acciones que no supongan una carga económica para disminuir la fatiga visual; mientras que, en cuanto a la fatiga física, deberá realizarse un esfuerzo para disminuir el riesgo, con una inversión económica precisa y en un periodo de tiempo determinado.

#### **4.4. Riesgos psicosociales**

En este apartado se detallan los riesgos psicosociales identificados para el puesto de trabajo. Dichos riesgos se determinaron tomando como base las condiciones de trabajo observadas.

- **Riesgo P1. Estrés laboral y fatiga mental.**
  - Tareas con requerimientos de atención y esfuerzo mental elevados como: realización de cálculos, investigación en la materia y, definición de las condiciones óptimas del experimento, lo cual acarrea un periodo de ensayo y error para la realización de pruebas.
  - Alta responsabilidad en el puesto de trabajo debido a la prisa por entregar resultados, por conseguir información y por encontrar las condiciones óptimas para el experimento.

A partir de la información previamente detallada, se evaluaron los riesgos psicosociales asignando valores de severidad y probabilidad, como se muestra a continuación, en la Tabla 13.

**Tabla 13.** *Evaluación de riesgos psicosociales.*

RIESGO	EVALUACIÓN DEL RIESGO		
	SEVERIDAD*	PROBABILIDAD**	NIVEL DE RIESGO
RIESGOS PSICOSOCIALES			
P1. Estrés laboral y fatiga mental.	LD	M	Tolerable

\*Severidad: LD- Ligeramente dañino; D- Dañino, ED- Extremadamente dañino

\*\*Probabilidad: B- Baja; M- Media; A- Alta

De la evaluación anterior, se logró obtener que el estrés laboral y la fatiga mental son riesgos tolerables, es decir, con las condiciones del puesto actuales, no suponen un peligro significativo para el trabajador. Sin embargo, y aunque no se requiera una inversión económica para abarcar el riesgo, se deberá implantar alguna solución alternativa que mejore las condiciones y, además, se deberán efectuar comprobaciones periódicas que se aseguren de mantener la eficacia de las medidas preventivas ya existentes.

## **5. PROPUESTA DE MEDIDAS PREVENTIVAS**

En este apartado, se listan las medidas preventivas que deben implantarse en el laboratorio de la UPNA, con el objetivo de disminuir el nivel de los riesgos identificados y de este modo, generar condiciones laborales seguras para el trabajador a cargo del puesto estudiado.

Cabe recalcar que las medidas preventivas planteadas a continuación, han sido determinadas tomando como punto de partida la normativa legal vigente de cada una de las especialidades de la Prevención de Riesgos laborales (seguridad, higiene, ergonomía y psicología) y, adicionalmente han sido definidas para todos aquellos riesgos que en la evaluación se identificaron con un nivel de riesgo diferente a trivial.

Como medida general, se recomienda evaluar que todos los equipos y máquinas de trabajo cumplen con los lineamientos del RD 1215/1997 (Gobierno de España ,1997), por el cual se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. Además, se recomienda llevar a cabo una vigilancia de la salud adecuada, ya que debido a que el trabajador se expone a riesgos higiénicos y ergonómicos, será de gran importancia vigilar su estado de salud y los posibles cambios que se puedan generar en este.

### **5.1. Medidas preventivas de la especialidad de seguridad.**

- **Riesgo S1. Contactos térmicos:**

**Medidas para minimizar el riesgo:**

- Asegurarse de que los equipos se encuentren a temperatura ambiente antes de su manipulación.
- No manipular el equipo mientras se encuentre en funcionamiento.
- Señalizar el riesgo de contacto térmico de acuerdo con los lineamientos establecidos en el RD 485/1997 (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1997), sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

- **Riesgo S2. Caída de personas a distinto nivel:**

**Medidas para minimizar el riesgo:**

- Vigilar el adecuado estado de las escaleras y de los pasamanos.
- Mantener las escaleras limpias, secas y libres de obstáculos.
- Colocar en las escaleras revestimiento antideslizante.
- Evitar subir o bajar las escaleras con prisa o corriendo.
- Evitar subir o bajar las escaleras sosteniendo objetos que obstaculicen la visión.
- Prestar atención al recorrido mientras se sube o se baja por las escaleras y evitar sobrepasar los escalones.

- En los momentos en que se efectúe limpieza en las escaleras, deberá señalizarse el riesgo de caída.
  - Proveer la iluminación adecuada y las condiciones generales de seguridad en los lugares de trabajo, teniendo en cuenta los lineamientos del RD 486/1997 (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1997), sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- **Riesgo S3. Caída de personas al mismo nivel:**

**Medidas para minimizar el riesgo:**

- Mantener las zonas de trabajo limpias, secas y libres de obstáculos.
  - En caso de que se presente un derrame, señalizarlo, avisar a las demás personas presentes y recogerlo lo antes posible con los agentes absorbentes dispuestos para tal fin.
  - Evitar correr durante los desplazamientos por el laboratorio y las áreas comunes.
  - Prestar atención a los desniveles y obstáculos durante el desplazamiento, evitando distracciones.
  - Evitar el desplazamiento sosteniendo objetos que obstaculicen la visión.
  - Proveer la iluminación adecuada en los espacios de trabajo, teniendo en cuenta los lineamientos del RD 486/1997 (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1997), sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- **Riesgo S4. Caída de objetos en manipulación:**

**Medidas para minimizar el riesgo:**

- Mantener el orden en las mesas de trabajo, ubicando sobre ellas únicamente el material que se va a utilizar.
- Evitar la manipulación de varios objetos al mismo tiempo.

### *Análisis y Prevención de Riesgos en Procesos Termoquímicos*

- Utilizar preferiblemente los instrumentos de trabajo que se encuentren secos, ya que estando húmedos se pueden resbalar fácilmente durante la manipulación.
- Dotar al trabajador de guantes de talla adecuada, de modo que no perjudique la manipulación de los materiales e instrumentos de trabajo.
- Mantener los guantes de trabajo limpios, y cambiarlos en caso de que estén dañados, sucios, resbaladizos o, si así lo requiere la tarea.
- El personal solo podrá acceder al laboratorio con ropa y zapatos adecuados, que cubran correctamente la piel y no dejen ningún espacio descubierto.
- El laboratorio debe contar con un botiquín para la atención del personal en caso de sufrir alguna lesión por la manipulación de los instrumentos de trabajo.
- Prestar atención durante el trabajo sobre las mesas y durante la manipulación de los equipos.
- Proveer la iluminación adecuada en los espacios de trabajo, teniendo en cuenta los lineamientos del RD 486/1997 (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1997), sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- **Riesgo S5. Caída de objetos desprendidos:**

#### **Medidas para minimizar el riesgo:**

- Revisar que los cajones, estanterías, neveras y demás muebles, cuentan con la estabilidad suficiente, y anclarlos correctamente a las paredes o a estructuras que los mantengan firmes.
- Tener precaución de no tumbar o arrastrar los objetos que están alrededor al tomar o dejar algún objeto en los muebles de almacenamiento.
- No golpear los cajones, estanterías, nevera y demás muebles, de forma que se pueda provocar la caída de los objetos allí almacenados.
- Almacenar los diferentes elementos de forma ordenada, evitando apilamientos inestables.

- Almacenar los productos químicos siguiendo los lineamientos establecidos en el Real Decreto 656/2017 (Ministerio de Economía, Industria y Competitividad ,2017) y en la NTP 725 (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2001).
  - Evitar la sobrecarga de las estructuras de almacenamiento de objetos.
  - Señalizar el riesgo de caída de objetos de acuerdo con los lineamientos establecidos en el RD 485/1997 (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1997), sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
  - Llevar a cabo un programa de mantenimiento preventivo, que asegure el buen estado de los muebles destinados al almacenamiento de materiales y equipos.
- **Riesgo S6. Lesiones en la piel y en los ojos:**

**Medidas para minimizar el riesgo:**

- Comprobar el buen estado del equipo, sus partes y conexiones antes de utilizarlo y velar por su buen estado.
- Utilizar el equipo con la presión adecuada ya que valores muy altos pueden dar lugar a la ruptura del reactor y, por consiguiente, proyecciones de sustancias u objetos en cercanía.
- Utilizar la instalación de aire comprimido únicamente dentro de la campana de extracción de gases, de modo que se evite la generación de atmósferas peligrosas dentro del laboratorio.
- Evitar la utilización del aire comprimido para usos no previstos como, por ejemplo: limpieza de ropa y superficies de trabajo, o apuntando a la boca, nariz, oídos, o cualquier otra parte del cuerpo.
- No tirar de la manguera en caso de que se necesite mayor cercanía con un objeto, si no comprobar que es seguro el uso acercando el objeto a la instalación de aire comprimido.

### *Análisis y Prevención de Riesgos en Procesos Termoquímicos*

- Una vez terminada la tarea con la instalación de aire comprimida, cortar la alimentación del mismo y guardar todos sus elementos como mangueras y accesorios en el sitio adecuado.
- La instalación de aire comprimido debe tener un dispositivo de seguridad que se encargue de cortar el flujo de alimentación en caso de emergencia.
- Llevar a cabo un programa de mantenimiento preventivo, que se asegure de mantener el equipo en condiciones óptimas y seguras para el trabajador.
- **Riesgo S9. Golpes/cortes por objetos o herramientas:**

#### **Medidas para minimizar el riesgo:**

- Verificar el buen estado del material de vidrio antes de su utilización.
- Mantener el orden en las mesas de trabajo, ubicando sobre ellas únicamente el material que se va a utilizar.
- Evitar la manipulación de varios utensilios al mismo tiempo.
- Utilizar preferiblemente los instrumentos de trabajo que se encuentren secos, ya que estando húmedos se pueden resbalar fácilmente durante la manipulación.
- Prestar atención durante el trabajo con el material de vidrio y cerámica.
- En caso de rotura de algún elemento de vidrio, recoger inmediatamente con los utensilios adecuados, haciendo uso de guantes de protección contra los riesgos mecánicos, incluyendo la abrasión, corte, desgarrado y perforación de acuerdo con la normativa UNE EN 388.
- Mantener los guantes de trabajo limpios, y cambiarlos en caso de que estén dañados, sucios, resbaladizos o, si así lo requiere la tarea.
- El laboratorio debe contar con un botiquín para la atención del personal en caso de sufrir alguna lesión por la manipulación de los instrumentos de trabajo.



- Proveer la iluminación adecuada en los espacios de trabajo, teniendo en cuenta los lineamientos del RD 486/1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- **Riesgo S10. Atrapamiento por o entre objetos**

**Medidas para minimizar el riesgo:**

- Nunca introducir partes del cuerpo en las partes móviles de las máquinas o equipos.
- Las partes móviles de los equipos deberán contar con protecciones de seguridad, en buen estado, que eviten la entrada de partes del cuerpo.
- Está prohibido anular los dispositivos de seguridad de los equipos o retirar sus protecciones.
- En caso de que se necesite acceder a las partes móviles de los equipos, deberá desconectarse la fuente de alimentación eléctrica y esperar un tiempo prudente hasta que se detengan completamente los movimientos inerciales, antes de proceder. También deberá asegurarse que nadie puede poner el equipo en marcha accidentalmente.
- Suspender la realización de tareas en caso de que se detecte algún fallo o anomalía en los equipos o en sus protecciones de seguridad.
- Para la manipulación de estos equipos, el trabajador no puede utilizar ropa holgada o portar elementos colgantes como bufandas, aretes, pulseras, etc., Además, si tiene cabello largo, deberá llevarlo recogido.
- Señalizar el riesgo de atrapamiento de acuerdo con los lineamientos establecidos en el RD 485/1997 (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1997), sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Los equipos deberán estar dotados de parada de emergencia.
- Proveer la iluminación adecuada en los espacios de trabajo, teniendo en cuenta los lineamientos del RD 486/1997 (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1997), sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

- Llevar a cabo un programa de mantenimiento preventivo, que se asegure de mantener el equipo y sus protecciones en condiciones óptimas y seguras para el trabajador.

- **Riesgo S11. Contactos eléctricos directos e indirectos:**

**Medidas para minimizar el riesgo:**

- Prestar especial atención al estado anormal de los equipos e instalaciones eléctricas, vigilando el estado del cableado, el motor, la carcasa, los enchufes y demás elementos involucrados.
- No utilizar los equipos o las instalaciones eléctricas si presentan alguna característica anormal.
- Comprobar el uso adecuado de alargadores o regletas y evitar la sobrecarga de los enchufes. Contactar con el servicio de mantenimiento y solicitar la instalación de nuevas conexiones si es necesario.
- Los cuadros eléctricos deben estar siempre cerrados, señalizados y podrá acceder únicamente el personal autorizado.
- No tocar equipos ni instalaciones eléctricas con las manos mojadas o húmedas.
- Señalizar el riesgo eléctrico de acuerdo con los lineamientos establecidos en el RD 485/1997 (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1997), sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- La manipulación de conexiones e instalaciones eléctricas deberá realizarse únicamente por personal formado y autorizado, de acuerdo con el RD 614/2001 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud frente al riesgo eléctrico.
- Llevar a cabo un programa de mantenimiento preventivo, que se asegure de mantener los equipos y las instalaciones eléctricas en condiciones óptimas y seguras para el trabajador.

- **Riesgo S12. Explosiones y/o incendios.**

**Medidas para minimizar el riesgo:**

- Almacenar adecuadamente las sustancias a presión, explosivas e inflamables y, limitar las concentraciones permitidas en el laboratorio de acuerdo con los lineamientos establecidos en el Real Decreto 656/2017 (Ministerio de Economía, Industria y Competitividad ,2017) y en la NTP 725 (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2001).
- Al momento de trabajar con sustancias explosivas e inflamables, utilizar solamente las cantidades mínimas necesarias.
- Mantener todos los espacios de trabajo limpios, secos y libres de obstáculos.
- Dotar el laboratorio con kits para la atención de derrames de acuerdo con el tipo de sustancia vertida (ácido, base o inflamable).
- Dotar el laboratorio con equipos detectores de fugas de gas y comprobar la presencia de estas, antes de realizar un experimento con un producto químico explosivo.
- Supervisar continuamente el buen estado de los envases de productos químicos y de las instalaciones y botellas de gases.
- Mantener los gases explosivos y las sustancias inflamables alejados de fuentes de ignición como: radiadores, tuberías de vapor, encendedores, chispas, equipos eléctricos, etc.
- Dotar el laboratorio con equipos para la atención de incendios, señalarlos y realizarles mantenimiento de manera periódica.
- Socializar con los trabajadores el plan de actuación en caso de emergencias y hacer simulacros de evacuación.
- Mantener el laboratorio adecuadamente ventilado, evitando la formación de atmósferas explosivas.
- Se prohíbe fumar e ingerir alimentos o bebidas en el área de trabajo.

- Llevar a cabo un programa de mantenimiento preventivo, que se asegure de mantener los equipos y las instalaciones eléctricas en condiciones óptimas y seguras para el trabajador.
- Prestar especial atención al estado anormal de los equipos e instalaciones eléctricas, vigilando el estado del cableado, el motor, la carcasa, los enchufes y demás elementos involucrados.

- **Riesgo S13. Accidente In Itinere:**

**Medidas para minimizar el riesgo:**

- Flexibilizar las horas de entrada y salida para que el trabajador pueda evitar las horas de mayor tráfico vehicular.
- Fomentar el uso de transporte público o de coche compartido.

**5.1.1. Medidas de formación e información**

A continuación, se recogen los temas relevantes sobre los cuales deberá brindarse formación e información al trabajador. Cabe resaltar que según la Ley 31/1995 (Jefatura del Estado, 1995), el empresario tiene la obligación de formar e informar a sus trabajadores de manera adecuada y suficiente y además deberá generar evidencia por escrito de la impartición de esta.

- Formar e informar al trabajador sobre los riesgos asociados a la manipulación de los materiales y equipos, las instalaciones eléctricas, los productos químicos y el uso de las instalaciones en general, también sobre el correcto uso de los EPIs y las medidas preventivas a adoptar.
- Formar al personal sobre la detección de fugas de gas, los protocolos a implementar en caso de que se presente alguna emergencia por incendio o explosión y, sobre la utilización de los diferentes tipos de extintores y medios contra incendios.
- Dar instrucciones de trabajo seguro en donde se describa de forma clara y precisa, la manera de realizar cada una de las tareas del puesto de trabajo, el uso previsto de los

materiales y equipos, así como la correcta manipulación de cada uno de estos, prestando especial atención a los riesgos y/o problemas que se pueden encontrar.

- Informar al trabajador sobre los riesgos asociados a la conducción de vehículos y las medidas preventivas asociadas (respeto de las normas de tránsito, revisión periódica del vehículo, uso de dispositivos de seguridad, entre otras).

### **5.1.2. Elementos de protección individual:**

En este apartado se nombran los elementos de protección individual que no se lograron identificar durante la visita realizada inicialmente, es decir, además de usar los EPIS ya propuestos, el empresario deberá suministrar los que se listan a continuación para el desarrollo de las labores en condiciones de seguridad.

- Guantes anti corte para la recogida del material de vidrio o cerámica que se quiebre. Estos guantes deberán cumplir con la norma UNE-EN 388:2016 sobre la protección de riesgos mecánicos ocasionados por abrasión, corte, perforación, rasgado de impacto.

### **5.2. Medidas preventivas de la especialidad de higiene**

- **Riesgo H1. Exposición a productos químicos por inhalación, contacto o ingestión.**

#### **Medidas para minimizar el riesgo:**

- Dotar el laboratorio con los medios materiales suficientes para la detección de fugas de compuestos químicos gaseosos.
- Disponer de medios específicos para la neutralización y limpieza de derrames y para el control de fugas.
- Las sustancias químicas deberán estar clasificadas, envasadas y etiquetadas de acuerdo con el Reglamento (CE) N.º 1272/2008 (Parlamento Europeo y del Consejo, 2008), de la siguiente manera:
  - El proveedor o fabricante de sustancias químicas, deberá evaluar y determinar los peligros asociados a la sustancia, etiquetarla de acuerdo a su clasificación

- y elaborar la Ficha de Datos de Seguridad (FDS) en donde se identifique el producto, los pictogramas de peligro, las palabras de advertencia, las indicaciones de peligro, los consejos de prudencia, y demás información relacionada.
- Los envases que contengan sustancias químicas deberán estar concebidos de modo que eviten la pérdida del contenido, no deben ser susceptibles al daño ni estar hechos de materiales que provoquen combinaciones peligrosas con su contenido. No serán llamativos para los niños ni tendrán diseños o presentaciones similares a los utilizados para alimentos, medicamentos o cosméticos y, además, deberán contener cierre de seguridad.
  - Todos los envases, trasvases, tuberías y líneas de gases deberán estar etiquetados de acuerdo con el producto químico y el flujo del líquido o gas, si así corresponde.
- El almacenamiento de productos químicos peligrosos deberá seguir los lineamientos establecidos en el Real Decreto 656/2017 (Ministerio de Economía, Industria y Competitividad ,2017) y en la NTP 725 el cual establece:
- Las zonas de almacenamiento de productos químicos peligrosos no deberán constituir un peligro para los trabajadores u otras personas y, además, deberán contar la ventilación adecuada (natural o forzada) y ser lugares de acceso restringido.
  - Todos los productos químicos deberán ser de fácil identificación, mediante las etiquetas correspondientes según el Reglamento (CE) N.º 1272/2008.
  - Los envases de productos químicos deben almacenarse de forma que se asegure la estabilidad del conjunto, en orden y con los espacios delimitados, teniendo en cuenta las incompatibilidades entre las sustancias. Los envases deberán permanecer cerrados.
  - El laboratorio debe estar dotado de duchas y lavaojos, especialmente en las zonas en donde se realizan tareas de trasvase y toma de muestras.
  - Establecer un plan de mantenimiento que se encargue de conservar en buen estado los elementos e instalaciones del laboratorio (duchas y lavaojos, sistemas de contención, sistema de iluminación, ventilación, señalización,

- equipos, recipientes, estanterías, paredes, arquetas, drenajes, ventilaciones, elementos de protección contra incendios, entre otros).
- Revisar constantemente el estado de actualización y accesibilidad a las FDS de todos los productos químicos disponibles en el laboratorio.
  - Establecer normas para el almacenamiento de productos químicos, siguiendo las recomendaciones de la NTP 725 (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2001).
    - Llevar un inventario detallado de los productos químicos presentes en el laboratorio, las cantidades disponibles y las fechas de caducidad. Limitar el stock a las cantidades mínimas posibles.
    - Agrupar los productos químicos de acuerdo con su clasificación de riesgo (explosivos, comburentes, inflamables, tóxicos, corrosivos y nocivos), respetando las incompatibilidades entre estos, así como las cantidades máximas recomendadas. Los materiales inertes pueden usarse como separadores entre elementos incompatibles.
    - Los frigoríficos para almacenamiento de productos químicos deberán ser de tipo industrial, no disponer de instalaciones eléctricas en el interior y tener ventilación. Los recipientes allí almacenados deben estar bien cerrados y se prohíbe el almacenamiento de alimentos y bebidas.
  - Establecer normas de higiene personal para los trabajadores y dotar el laboratorio con los medios materiales para cumplir con las medidas apropiadas como:
    - Prohibir comer, fumar o beber en la zona de trabajo.
    - Disponer de armarios para guardar la ropa de trabajo de manera separada, así como de los equipos de protección individual.
    - Fomentar hábitos adecuados como el lavado de las manos, el aseo al finalizar la jornada laboral y el cambio de ropa.
    - La Universidad debe responsabilizarse del lavado y la descontaminación de la ropa de trabajo, velando por que los trabajadores no se la lleven a su domicilio.

- Evaluar el riesgo derivado de la exposición por inhalación a agentes químicos peligrosos y no peligrosos, incluyendo la medición de la concentración en la zona de respiración del trabajador y su posterior comparación con el valor límite ambiental correspondiente de acuerdo con el RD 374/2001 (Ministerio de la Presidencia, 2001).
  - Proveer la iluminación adecuada en los espacios de trabajo, teniendo en cuenta los lineamientos del RD 486/1997 (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1997), sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
  - Señalizar la presencia de productos químicos peligrosos tanto en los envases como en las zonas de almacenamiento y manipulación, así como las zonas en donde se ubican las duchas y los lavaojos de acuerdo con los lineamientos establecidos en el RD 485/1997 (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1997), sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- **Riesgo H2. Ruido**

**Medidas para minimizar el riesgo:**

- Dotar la instalación de aire comprimido de silenciadores de escape, cerciorándose principalmente de que estos elementos no constituyan un nuevo riesgo en sí.
- Vigilar el tiempo de vida útil de la instalación y sustituir por una más nueva en caso de que los niveles de ruido emitidos puedan generar un riesgo para los trabajadores.
- Aislar la instalación de modo que se reduzca la cantidad de personas expuestas al ruido que esta emite.
- Reducir el tiempo de exposición dejando escurrir el reactor por un tiempo suficiente, de modo que requiera menor cantidad de aire comprimido para lograr su secado.
- Efectuar una evaluación de riesgos que permita la medición de los niveles de ruido a los que están expuestos los trabajadores siguiendo los lineamientos del RD 286/2006 y establecer un programa de medidas técnicas y organizativas, en caso de que se sobrepasen los valores superiores de exposición (Ministerio de la Presidencia., 2006).



- Señalar el riesgo por ruido de acuerdo con los lineamientos establecidos en el RD 485/1997 (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1997), sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Llevar a cabo un programa de mantenimiento preventivo, que se asegure de mantener el equipo en condiciones óptimas y seguras para el trabajador. Dicho programa debe incluir el engrase de las partes que así lo requieren y el correcto ajuste de todas las partes de la instalación.
- **Riesgo H3. Vibraciones en la zona mano-brazo.**

**Medidas para minimizar el riesgo:**

- Reducir el tiempo de exposición dejando escurrir el reactor por un tiempo suficiente, de modo que requiera menor cantidad de aire comprimido para lograr su secado.
- Vigilar el tiempo de vida útil de la instalación y sustituir por una más nueva en caso de que las vibraciones puedan generar un riesgo para los trabajadores.
- Elegir los equipos de trabajo adecuados, que esté bien diseñado desde el punto de vista ergonómico y además generen el menor nivel de vibraciones posible.
- Dotar la instalación de aire comprimido con un mecanismo de accionamiento ergonómico, que sea liviano, de fácil agarre y adecuado a la tarea.
- Efectuar reconocimientos médicos periódicos con el objetivo de evaluar el estado de salud del trabajador y los posibles efectos de la manipulación de la instalación de aire comprimido.
- Efectuar una evaluación de riesgos que permita la medición de los niveles de vibraciones mecánicas a los que están expuestos los trabajadores siguiendo los lineamientos del RD 1311/2005 (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 2005) y con base en los resultados, determinar medidas preventivas específicas a implementar.
- Señalar el riesgo por vibraciones mecánicas de acuerdo con los lineamientos establecidos en el RD 485/1997 (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1997),

sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

- Llevar a cabo un programa de mantenimiento preventivo, que se asegure de mantener el equipo en condiciones óptimas y seguras para el trabajador.

#### **5.2.1. Medidas de formación e información:**

La formación e información que deberá brindar la Universidad al trabajador encargado del puesto de trabajo estudiado se lista a continuación:

- Formación e información sobre la manipulación y el almacenamiento de productos químicos, el manejo correcto de la instalación de aire comprimido, los resultados de las evaluaciones de riesgos específicas para productos químicos peligrosos y no peligrosos, ruido y vibraciones; los riesgos inherentes a las tareas, las medidas preventivas a adoptar y los EPIs correspondientes, así como su correcto uso.
- Dar instrucciones de trabajo por escrito sobre los procedimientos de operación de las tareas a ejecutar, las propiedades de los productos químicos, su identificación y etiquetado, la función y el uso correcto de las instalaciones de seguridad y de los equipos de trabajo, así como de los EPIs y las acciones a adoptar en caso de derrame, fuga o salpicadura.

#### **5.2.2. Elementos de protección individual**

- Los elementos de protección individual para el trabajo con productos químicos que ya han sido establecidos previamente, se seguirán usando con normalidad, estando al corriente de cambios o actualizaciones de la normativa que los rige.
- Los elementos de protección contra el ruido y las vibraciones deberán determinarse de acuerdo con los resultados de la evaluación y medición de los niveles de emisión de cada uno de estos contaminantes.

### **5.3. Medidas preventivas de la especialidad de ergonomía**

- **Riesgo E1. Fatiga visual.**

**Medidas para minimizar el riesgo:**

- Efectuar descansos periódicos de la actividad visual.
- Ubicar el material de trabajo tan cerca como sea posible para evitar cambios bruscos en el movimiento de los ojos y en el enfoque.
- Adoptar una postura correcta cuando se esté trabajando con el ordenador.
- Configurar los puestos de trabajo con pantallas de visualización de datos siguiendo los lineamientos establecidos en el Real Decreto 488/1997, (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales 1997), y la Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos Relativos a la Utilización de PVDs (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2021), los cuales establecen:
  - La imagen de la PVD debe permitir la identificación de los caracteres de forma clara, permitiendo el ajuste de la luminosidad, el contraste y demás parámetros que faciliten la visualización por parte del usuario.
  - La pantalla no debe generar reflejos ni deslumbramientos que puedan interferir con la visión del usuario.
  - La pantalla se situará a una altura tal que la parte superior de la misma coincida con la altura de los ojos del usuario y la distancia de visualización debe ser entre 400 y 750 mm.
  - El teclado debe ubicarse de modo que no genere posiciones forzadas, con el suficiente espacio para que el usuario pueda apoyar los brazos y las manos. Además, deberá ser de acabado mate para que no genere reflejos al usuario.
  - La mesa de trabajo debe ser poco reflectante, de baja transmisión térmica, sin aristas agudas y con dimensiones suficientes, que permitan colocar con holgura todos los elementos de trabajo.

- La silla de trabajo debe ser de altura e inclinación ajustables, con respaldo para la zona lumbar y con cinco puntos de apoyo sobre el suelo. En caso de que el usuario no alcance al suelo, debe usarse un reposapiés para proporcionar apoyo.
- Los puestos de trabajo deben ubicarse de tal forma que las fuentes de luz no provoquen deslumbramientos o reflejos sobre la pantalla.
- El nivel de iluminación promedio debe estar comprendido entre 300 a 500 lux.
- El nivel de ruido debe mantenerse entre 45 dB y 55dB.
- Proveer la iluminación adecuada en los espacios de trabajo, teniendo en cuenta los lineamientos del RD 486/1997 (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1997), sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- **Riesgo E2. Fatiga física.**

**Medidas para minimizar el riesgo:**

- Vigilar las características de la carga (botellas de gases), de modo que no sobrepase el peso recomendado de 25 kg o bien, 15 kg para jóvenes, mujeres y personas mayores, de acuerdo con lo establecido en la Guía Técnica para la Manipulación Manual de Cargas (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2017).
- Organizar el trabajo, de modo que se evite la movilización de las botellas de gases con frecuencia.
- Mantener las asas de la carretilla manual en buen estado y efectuar mantenimiento periódico a esta herramienta de trabajo.
- Establecer periodos de descanso durante la jornada laboral que permitan la recuperación muscular y articular.
- Durante la movilización de las botellas de gases, mantenerse detrás y cerca de la carretilla manual, con las rodillas ligeramente flexionadas y la espalda recta. Utilizar siempre ambos brazos para efectuar el empuje.
- Adquirir el mobiliario apropiado, que permita la ubicación del plano horizontal de trabajo a la misma altura del corazón del trabajador.

- Ubicar los materiales, equipos y herramientas de trabajo a una distancia acorde con las dimensiones físicas del trabajador, de modo que se eviten estiramientos o sobreesfuerzos innecesarios.
- Evitar posturas incómodas durante la realización del trabajo, procurar mantener la mano alineada con el antebrazo, la espalda recta y los hombros en posición de reposo.
- Dotar el laboratorio con taburetes de altura ajustable de modo que el trabajador pueda alternar las posturas (sentado, semisentado y de pie) mientras realiza sus tareas.
- Envasar los reactivos químicos en contenedores de tamaño y peso apropiados para la manipulación frecuente por parte del trabajador.

### **5.3.1. Medidas de formación e información:**

La formación e información que se debe impartir el trabajador en materia ergonómica, deberá basarse en los siguientes temas que se listan a continuación:

- Formar e informar al trabajador sobre los riesgos asociados al trabajo con PVDs y las medidas preventivas a adoptar.
- Dar instrucciones de trabajo seguro en donde se describa de forma clara y precisa, la correcta ubicación y las modalidades de uso de la PVD, los síntomas de fatiga visual y los ejercicios oculares para darle descanso al ojo.
- Formar e informar al trabajador sobre la correcta manipulación de cargas, el uso correcto de la carretilla manual, las posturas correctas a adoptar, los riesgos asociados y las medidas preventivas.

### **5.4. Medidas preventivas de la especialidad de psicología**

- **Riesgo P1. Estrés laboral y fatiga mental.**

#### **Medidas para minimizar el riesgo:**

- Realizar un estudio psicosocial del puesto de trabajo en cuestión y establecer medidas preventivas específicas a implementar.

*Análisis y Prevención de Riesgos en Procesos Termoquímicos*

- Fomentar la participación activa del trabajador, estableciendo canales de comunicación en donde pueda expresar propuestas, sugerencias y mejoras.
- Potenciar la participación del trabajador, aumentando la recepción de opiniones sobre los métodos de trabajo, la configuración del puesto de trabajo, la organización de los tiempos y jornadas, etc.
- Comprobar que las exigencias del puesto de trabajo sean acordes con la capacidad de respuesta del trabajador.
- Establecer tiempos de descanso, los cuales permitan la recuperación del trabajador después de tareas exigentes.

## **6. CONCLUSIONES**

Tal y como lo establece la legislación, la presente evaluación de riesgos se ha realizado a partir de la información obtenida sobre el puesto de trabajo por medio de la observación y la comunicación con el trabajador a cargo, valorando los riesgos identificados según los criterios de severidad y probabilidad establecidos por el INSST, con el objetivo de definir una serie de medidas para controlar o reducir los riesgos descritos. En este apartado se recogen las principales conclusiones obtenidas de este estudio.

En lo relacionado a la especialidad de seguridad, los riesgos de mayor importancia son las caídas a distinto nivel y la caída de objetos en manipulación, que se traducen en riesgos dañinos con probabilidad media. Adicionalmente, las lesiones en la piel y en los ojos, el atrapamiento por o entre objetos, los contactos eléctricos, las explosiones e incendios y, por último, los accidentes in itinere, los cuales generan afectaciones extremadamente dañinas, pero, con una probabilidad baja. Por lo anterior, la Universidad deberá dar instrucciones sobre la forma adecuada de ejecutar las tareas, señalar cada uno de los riesgos que pueden producirse en las diferentes áreas o zonas de trabajo, dotar al trabajador con guantes anticorte para la recolección de piezas de vidrio que se hayan quebrado y por supuesto, mantener en condiciones adecuadas almacenamiento de sustancias químicas y la ventilación en el centro de trabajo.

Continuando con la especialidad de higiene, el riesgo identificado como más importante es el de la exposición a productos químicos. Por esto, se requiere de la dotación del laboratorio de medios materiales para la detección de fugas de diferentes gases y la evaluación del riesgo derivado de la exposición a agentes químicos, comparando la concentración del contaminante en la zona de respiración del trabajador con el respectivo límite de exposición profesional para agentes químicos. Del mismo modo, deberán evaluarse los niveles de ruido y vibraciones para poder establecer medidas preventivas más específicas, si así lo sugieren los resultados.

También, deberá procurarse tomar medidas organizativas de modo que el trabajador tenga periodos de descanso y pueda realizar estiramientos que le permitan liberar tensión muscular y articular debido a las posturas mantenidas, movimientos repetitivos y manipulación de cargas que tiene que realizar. Respecto a este último, deberá vigilarse el

peso de las cargas y dotar, en la medida de lo posible, los puestos de trabajo con sillas o mesas de altura variable, que se ajusten a las características del trabajador. Todo lo anterior se implementará con el objetivo de prevenir el riesgo ergonómico de fatiga física.

Respectivamente a la especialidad de psicología, se recomienda crear y fomentar canales de comunicación que permitan la participación activa del trabajador para conocer su punto de vista frente a las condiciones del puesto de trabajo, además de realizar un estudio psicosocial siguiendo la metodología propuesta por el INSST (FPSICO) para poder determinar de forma más acertada los riesgos a los que están expuestos los trabajadores, y de este modo, abordar los factores de mayor repercusión desde la organización empresarial.

Finalmente, cabe recalcar la responsabilidad del trabajador de portar adecuadamente los equipos de protección individual y solicitar su cambio cada vez que se detecte algún daño. Estos a su vez deberán cumplir con la normativa vigente y contar con marcado CE.

En cuanto a los equipos de trabajo, también deben contar con marcado CE y manual de instrucciones, además de estar en conformidad según lo establecido en el Real Decreto 1215/1997 (Gobierno de España, 1997). También, deberá generarse un programa de mantenimiento preventivo que se realice de forma periódica y se enfoque en mantener los equipos e instalaciones del centro de trabajo en condiciones seguras.

Además, la Universidad tiene la obligación de vigilar el cumplimiento de las medidas preventivas establecidas en la presente evaluación, implementándolas en la planificación de la prevención, integrándola en todos los ámbitos de la organización, buscando mayor implicación por parte de los trabajadores y fomentando la cultura preventiva.

A nivel general, surge la necesidad de formar e informar adecuadamente al trabajador sobre los riesgos inherentes a su puesto de trabajo y las medidas preventivas a adoptar, el uso previsto y seguro de los equipos y herramientas y el porte adecuado de los elementos de protección individual. Respecto a estos últimos, es importante resaltar que la Universidad siempre deberá estar abierta a escuchar sugerencias por parte del trabajador, ya que, lo que se busca es que éste se sienta cómodo de modo que su utilización se genere de forma habitual.

Adicionalmente, deberá hacerse hincapié en la formación e información relacionada con los protocolos de actuación en caso de emergencias, debido a que el documento existe, pero



el trabajador lo desconoce. Lo anterior incurre en una deficiencia por parte de la Universidad, debido a que, aunque estas situaciones son de baja probabilidad, sus efectos suelen ser devastadores y por esto, todo el personal deberá conocer los mecanismos de actuación.

Por otro lado, es importante mantener una vigilancia de la salud adecuada y periódica, que evite afectaciones al trabajador, especialmente, de aquellas que se pueden derivar por la exposición a sustancias químicas peligrosas como el monóxido de carbono, la acetona, el nitrato de rodio, el óxido de aluminio, entre otros.

## **7. BIBLIOGRAFÍA**

- Consejo de las Comunidades Europeas. (1989). Directiva 89/391/CEE. *Diario Oficial de La Unión Europea.*, 1–8. <https://www.boe.es/doue/1989/183/L00001-00008.pdf>
- Díaz, C. (2019). *Determinar la estimación de la deriva de la balanza mediante el método lineal en control cargo internacional S.A de C.V.* 1–58. <http://utem.edu.mx/wp-content/uploads/2020/banco/tsuqai-2017-3.pdf>
- Federación Empresarial de la Industria Química Española. (2021). *Informe de Siniestralidad Laboral.*
- Gaceta de Madrid. (1873). *Ley Benot, del 24 de julio de 1873.* 209(III), 1193.
- Gallo Fernández, M., García Salas, A. I., Goñi Sein, J. L., Iglesias Martínez, V., Llorens Espada, J., Berlana Llorente, T., Marín Malo, M., Mercader Uguina, J., Moreno Solana, A., Muñoz Ruiz, A. B., Quirós Priego, J., Robledo Echarren, A., & Rodríguez Saenz de Galeano, B. (2021). *Guía Práctica de Prevención de Riesgos Laborales* (Grupo Editorial Cinca S.A. (ed.); 1st ed.).
- Gobierno de España. (1997). Real Decreto 1215/1997. *Boletín Oficial Del Estado*, 188, 23063–24070.
- Idipaz S.A. (2013). *Botellas De Gases.* 11. [http://www.idipaz.es/ficheros/files/Quees/2015/BOTELLAS DE GASES\(1\).pdf](http://www.idipaz.es/ficheros/files/Quees/2015/BOTELLAS DE GASES(1).pdf)
- Instituto Nacional de Estadística. (2020). *Encuesta de Población Activa (EPA).* 1–8.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (1996). Evaluación de Riesgos Laborales. *Instituto Nacional De Seguridad E Higiene En El Trabajo*, 1–13.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2000). *Evaluación de las condiciones de trabajo en pequeñas y medianas empresas* (p. 23). [https://www.insst.es/documents/94886/211340/Condiciones\\_trabajo\\_PYMES.pdf/0452965e-d0bb-408d-9806-fac257562168?t=1587581004696](https://www.insst.es/documents/94886/211340/Condiciones_trabajo_PYMES.pdf/0452965e-d0bb-408d-9806-fac257562168?t=1587581004696)
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2001). NTP 725 : Seguridad en el laboratorio : almacenamiento de productos químicos. *Normas Técnicas de Prevención.*, 1–10.  
[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/701a750/ntp\\_725.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/701a750/ntp_725.pdf)
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2017). *Manipulación Manual de Cargas. Guía Técnica del INSST.* 30.  
<https://www.insst.es/documents/94886/509319/GuiatecnicaMMC.pdf/27a8b126-a827-4edd-aa4c-7c0ca0a86cda>
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2021). Guía Técnica Para la Evaluación y Prevención de los Riesgos Relativos a la Utilización de Equipos con Pantallas de Visualización. *Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España*, 31.  
<https://www.insst.es/documents/94886/96076/pantallas/e3401950-f95d-4b89-b196-49c7c514bfa4>

- Jefatura del Estado. (1995). Ley 31/1995. *Boletín Oficial Del Estado*, 40. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1995-24292>
- Juan Carlos I. (1980). Estatuto de los trabajadores. *Boletín Oficial Del Estado*, 5799–5815.
- Martinez del Monte, D. (2011). Estudio de la Modificación de Catalizadores de Ni-Soportados para la Producción de Hidrógeno por Reformado con Vapor de Etanol. *Universidad Rey Juan Carlos*, 68. [http://www.ccom.urjc.es/informacion/estatutos/archivos/estatutos\\_urjc.pdf](http://www.ccom.urjc.es/informacion/estatutos/archivos/estatutos_urjc.pdf)
- Real Decreto 656/2017, *Boletín Oficial del Estado* 1 (2017). <https://www.boe.es/buscar/pdf/2017/BOE-A-2017-8755-consolidado.pdf>
- Ministerio de Empleo y Seguridad Social. (2015). Real Decreto Legislativo 8/2015. *Boletín Oficial Del Estado*, 260.
- Ministerio de la Presidencia. (2006). Real Decreto 286/2006. *Boletín Oficial Del Estado*, 1–12. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2006/BOE-A-2006-4414-consolidado.pdf>
- Ministerio de la Presidencia. (1997a). Real Decreto 664/1997. *Boletín Oficial Del Estado*.
- Ministerio de la Presidencia. (1997b). Real Decreto 665/1997. *Boletín Oficial Del Estado*, 15(6), 306–307. <https://www.boe.es/buscar/pdf/1997/BOE-A-1997-11145-consolidado.pdf>
- Ministerio de la Presidencia. (1997c). Real Decreto 773/1997. *Boletín Oficial Del Estado*, 140, 1–17. <https://www.boe.es/buscar/pdf/1997/BOE-A-1997-12735-consolidado.pdf>
- Ministerio de la Presidencia. (2001a). Real Decreto 374/2001. *BOE N° 104*, 15893–15899. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2001-8436>
- Ministerio de la Presidencia. (2001b). Real Decreto 614/2001. *BOE, Núm. 148, 21-06-2001*, 148, 1–15. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2001/BOE-A-2001-11881-consolidado.pdf>
- Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. (1997a). Real Decreto 39/1997. *BOE Legislación Consolidada*, 1–38.
- Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. (1997b). Real Decreto 485/1997. *Boletín Oficial Del Estado*, 1–13. <https://www.boe.es/buscar/pdf/1997/BOE-A-1997-8668-consolidado.pdf>
- Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. (1997c). Real Decreto 486/1997. *Boletín Oficial Del Estado*, 97, 1–14. [boe.es/buscar/pdf/1997/BOE-A-1997-8669-consolidado.pdf](https://www.boe.es/buscar/pdf/1997/BOE-A-1997-8669-consolidado.pdf)
- Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. (1997d). Real Decreto 487/1997. *Boletín Oficial Del Estado*, 23, 1–5.
- Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. (1997e). Real Decreto 488 / 1997. *BOE Legislación Consolidada*, 1–6. <https://www.boe.es/buscar/pdf/1997/BOE-A-1997-8671-consolidado.pdf>
- Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. (2005). Real Decreto 1311/2005. *Boletín Oficial Del Estado*, 265, 1–11.

[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/TextosLegales/RD/1999/1254\\_99/PDFs/realdecreto12541999de16dejulioporelqueseapruebanlasMTxtAnt.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/TextosLegales/RD/1999/1254_99/PDFs/realdecreto12541999de16dejulioporelqueseapruebanlasMTxtAnt.pdf)

Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. (2006). Real Decreto 1299/2006. *Boletín Oficial Del Estado*, 1–40. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2006/BOE-A-2006-22169-consolidado.pdf>

Navarro-Puyuelo, A. (2021). *Desarrollo de catalizadores basados en rodio y otros metales de transición para la producción de gas de síntesis a partir de biogás - Tesis doctoral*. Universidad Pública de Navarra.

Parlamento Europeo y del Consejo. (2006). Reglamento 1907/2006. *Diario Oficial de La Unión Europea*, 852. <http://echa.europa.eu/es/regulations/reach;jsessionid=12411E70EB80BD2290B756D69F94EEB3.live2>

Parlamento Europeo y del Consejo. (2008). Reglamento (CE) no 1272/2008. *Diario Oficial de La Unión Europea*.

Petrucci, R., Herring, F. G., Madura, J. D., & Bissonnette, C. (2017). *Química General. Principios y aplicaciones modernas*. (Pearson (ed.); 10th ed.).

Puppo, Maria Cecilia ; Cerruti, Claudio Fernando ; Quiroga, A. V. (2017). Química General para Agronomía. *Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales*, 72–83.

Raviolo, A., Garritz, A., & Sosa, P. (2011). Sustancia Y Reacción Química Como Conceptos Centrales En Química. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 8(3), 240–254.

Servicio de Prevención de Riesgos Laborales de la Universidad de la Rioja. (2012). *Sistemas de extracción en el laboratorio*. <https://www.unirioja.es/servicios/sprl/pdf/vitrinas.pdf>

Universidad de Zaragoza. (2017). *Mufla*. 1.

Universidad de Zaragoza. (2018). *Estufa de Laboratorio*. 1.

Universidad Nacional del Rosario. (2018). Guía de información Complementaria para los Laboratorios. *Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas*, 1–10.