

UNIVERSIDAD DE ALMERIA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

Optimización del sistema de reducción de  
Óxidos de Nitrógeno de la fábrica de  
cementos de Gádor, Cemex - Almería

Curso 2017/2018

**Alumno/a:**

Marta Álvarez Gálvez

**Director/es:**

Tania Mazzuca Sobczuk  
José María Hidalgo Alonso



TRABAJO FIN DE GRADO  
GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA INDUSTRIAL.



OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE REDUCCIÓN  
DE ÓXIDOS DE NITRÓGENO DE LA FÁBRICA DE  
CEMENTOS DE GÁDOR, CEMEX - ALMERÍA

por

Marta Álvarez Gálvez

**Directores:**

Tania Mazzuca Sobczuk

Jose María Hidalgo Alonso



## **AGRADECIMIENTOS**

La realización de este trabajo no habría sido posible sin el apoyo y la confianza depositada en mí por parte de todas las personas con las que he tenido el gusto de tratar de la fábrica de cementos de Gádor.

Agradecer a mi familia y amigos su apoyo incondicional durante todo este trayecto sin ellos no habría sido posible llegar hasta aquí.



# ÍNDICE GENERAL

1. Memoria justificativa
2. Memoria descriptiva
3. Fases y cronograma
4. Especificaciones técnicas, generales y administrativas
5. Mediciones, presupuesto y análisis de escenarios
6. Cálculos
7. Bibliografía
8. Planos
9. Anexos

1.

MEMORIA  
JUSTIFICATIVA

# ÍNDICE

1.1. Antecedentes. ....	2
1.1.1. Escenario de análisis del problema. ....	2
1.2. Localización de los puntos estratégicos del proceso. ....	3
1.3. Proceso de formación de los óxidos de nitrógeno y actuaciones para reducir sus emisiones. ....	5
1.3.1. Formación de los óxidos de nitrógeno ....	5
1.3.2. Importancia del control de los Óxidos de nitrógeno ....	6
1.3.3. Sistemas de abatimiento de NOx ....	7
1.3.4. Selección de las variables de estudio ....	10
1.4. Evolución de los objetivos de emisiones de la planta ....	12
1.5. Análisis de los proyectos anteriores. ....	13
1.5.1. Proyecto inicial de reducción de NOx.....	13
1.5.2. Modificaciones de 2008. ....	20
1.5.3. Modificaciones de 2011. ....	20
1.5.4. Situación actual. ....	21



## **1.1. Antecedentes.**

### **1.1.1. Escenario de análisis del problema.**

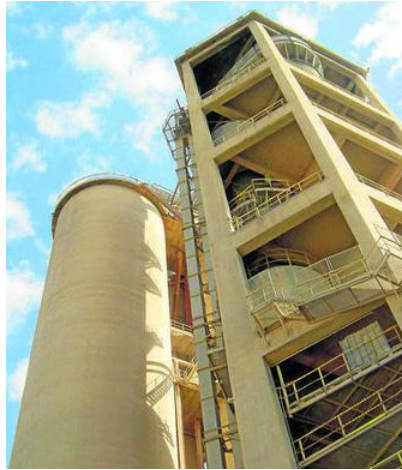
El proyecto en el que se centra este trabajo trata sobre la reducción de óxidos de nitrógeno en la planta cementera de la empresa Cemex situada en Gádor, Almería. En dicha planta se produce clínker y 4 tipos diferentes de cemento que se expiden de dos modos diferentes, en sacos y a granel en cisternas.

En la producción de clínker, debido a las características del proceso y a las altas temperaturas que se alcanzan en el horno se producen una serie de contaminantes que han de ser abatidos hasta los límites que establece la ley de forma que no sean perjudiciales para el medio ambiente ni la salud humana.

Debido a la próxima entrada en vigor de la nueva autorización ambiental integrada que conlleva la reducción del límite de emisión de 800 a 500 mg/Nm<sup>3</sup> y a que el sistema de reducción de óxidos de nitrógeno no ha sido tratado con especial atención en los últimos años, se hace indispensable evaluar el funcionamiento del sistema de reducción de óxidos de nitrógeno optimizándolo.

Para esto se necesita determinar sobre que variables será necesario influir y mejorar efectividad en el abatimiento en cada punto de inyección para minimizar el coste de compra de la solución amoniacal.

La reducción se realiza en la torre del intercambiador previa a la entrada de la materia prima molida al horno. Se trata, de un sistema de intercambio de calor entre un gas y un sólido fino, se pone en contacto el crudo con los gases del horno permitiendo así que el crudo entre ya con una cierta temperatura al horno y seco. Se trata de una torre de intercambio de 4 etapas.



**Figura 1. Torre del intercambiador.**

Puede verse una imagen de la torre del intercambiador en la Figura 1. La situación de la torre puede apreciarse en el plano nº 1, en este además puede verse donde se sitúa el sistema de reducción de óxidos de nitrógeno.

Los gases que abandonan este proceso siguen dos caminos alternativos dependiendo de las necesidades de producción de crudo: pueden ser expulsados a través del filtro de mangas a la atmósfera o pueden ser utilizados para secar las materias primas en el molino de crudo.

Se ha observado que cuando los gases se ponen contacto con el crudo son adsorbidos por el crudo y descienden los niveles de emisiones drásticamente. Sin embargo, cuando son expulsados a través del filtro a la atmósfera en marcha directa las emisiones contaminantes son más elevadas. Es aquí cuando se pone en peligro el cumplimiento de la nueva normativa actual, constituyendo entonces el escenario en el cual se basará el estudio desarrollado en este trabajo técnico.

## **1.2. Localización de los puntos estratégicos del proceso.**

El esquema que se presenta en la Figura 2 representa la torre del intercambiador. En esta zona se pone en contracorriente la harina de crudo que va a entrar al horno con los gases calientes que provienen de este.

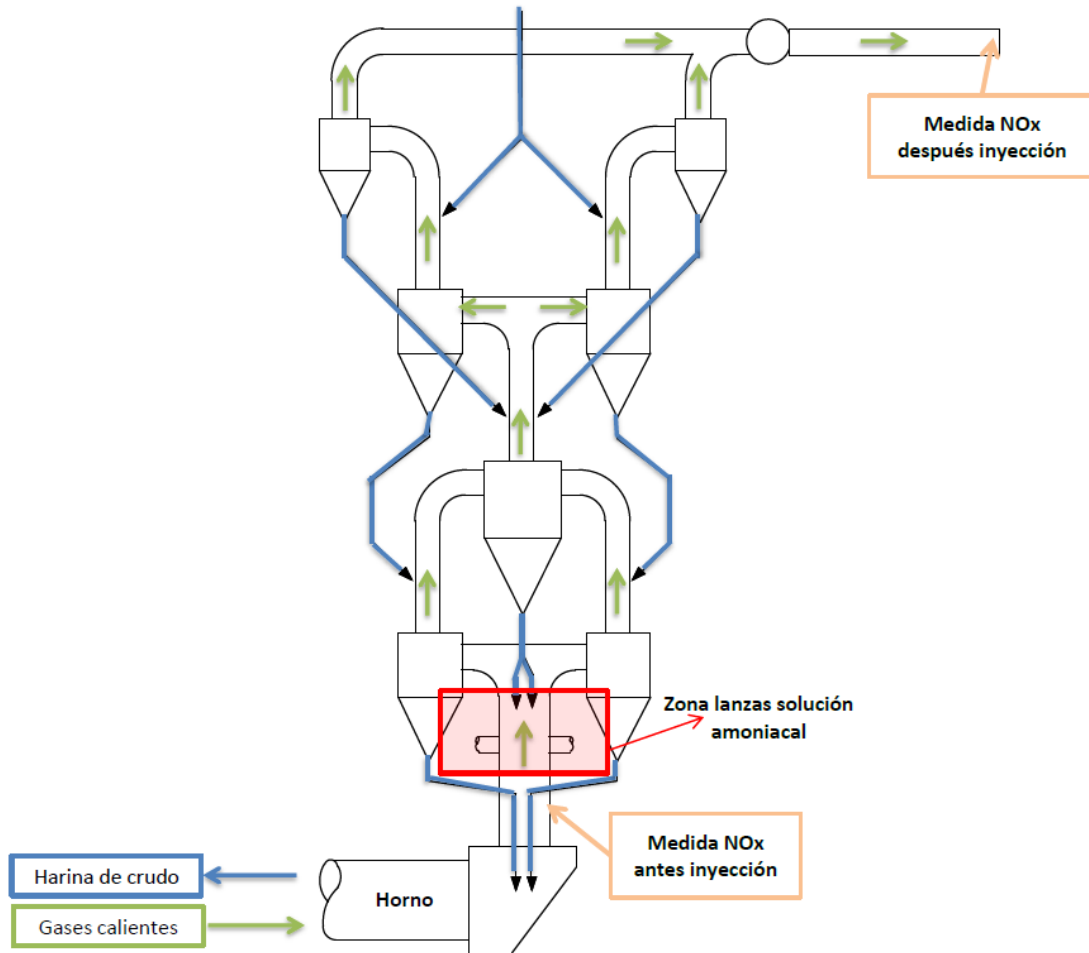


Figura 2. Diagrama torre intercambiador.

Las zonas señaladas son:

- Rojo: es la zona en la que se encuentran las lanzas de solución amoniacal que son las encargadas de inyectar la disolución de amoníaco al sistema para que reaccione con los NOx abatiéndolos.
- Flechas verdes: se indica el camino que siguen los gases calientes que salen del horno
- Flechas azules: azul podemos ver el camino que sigue el crudo o materia prima.
- En naranja encontramos los lugares en los que se tomarán datos de valores de NOx. Los puntos de antes de la inyección serán tomados con un equipo portátil y para los de después se hará uso de los valores de NOx obtenidos por el analizador de chimenea.

En este diagrama, el crudo accedería a la torre por la parte superior de la misma mientras que los gases calientes suben desde donde se ve indicado el horno siguiendo el camino de las flechas verdes.

### **1.3. Proceso de formación de los óxidos de nitrógeno y actuaciones para reducir sus emisiones.**

#### **1.3.1. Formación de los óxidos de nitrógeno**

La combustión de cualquier combustible produce una determinada cantidad de NO<sub>x</sub> debido a las altas temperaturas y la disponibilidad de oxígeno y nitrógeno en el aire comburente y en el combustible. Las emisiones producidas, están constituidas en un 90/95% de NO y el restante es NO<sub>2</sub>, pero, al abandonar los gases la chimenea, gran parte de NO se oxida en la atmósfera pasando a NO<sub>2</sub>.

A temperatura ambiente, el oxígeno y el nitrógeno tienen poca tendencia a reaccionar entre sí dado que es una reacción endotérmica para la que se necesitan temperaturas altas como las que se generan en los procesos de combustión.

En el proceso de formación del clínker que se produce en el horno se alcanzan temperaturas superiores a los 1000°C utilizando combustibles como el coque, serrines y disolventes, por tanto, este proceso es un potencial generador de óxidos de nitrógeno.

En el proceso sobre el que basa este trabajo la formación de óxidos de nitrógeno se produce en dos etapas, (Prieto Fernandez, 2006):

- Primera vía de reacciones: Se produce durante la etapa inicial de la combustión. En esta, se produce la oxidación de las especies volátiles del nitrógeno, tras esta fase, se sucede la fase de desprendimiento en la que el nitrógeno reacciona formando compuestos intermedios. En las regiones de llama ricas en combustible este oxígeno es oxidado y produce NO o se reduce a N<sub>2</sub>. Se estima que por este mecanismo se produce el 60/90 % del NO<sub>x</sub>.
- Segunda vía de reacciones: Se caracteriza por la liberación de radicales de nitrógeno durante la combustión, estas reacciones son mucho más lentas que las correspondientes a las especies volátiles.

### 1.3.2. Importancia del control de los Óxidos de nitrógeno

Es importante el control de los NOx debido a que las emisiones pasan a formar parte de numerosas reacciones fotoquímicas. Al combinarse con el O<sub>2</sub> atmosférico y estar bajo la energía del sol se produce la circulación del NO<sub>2</sub> (Ciclo fotolítico). Esto da lugar a la formación de compuestos perjudiciales para el medio ambiente como el “smog” o la lluvia ácida.

Las reacciones químicas que dan lugar a la formación de NOx en un proceso como este pueden ser de diversa índole. En la Tabla 1 se resumen las principales reacciones y los factores principales que les afectan (Prieto Fernandez, 2006):

Óxidos de Nitrógeno	Lugar de Formación	Mecanismo/Reacción	Factores principales que afectan a la formación del NO
NO Térmico	Llama (zona de pre-reacción)	a) Exceso de O <sub>2</sub> $N_2 + O \rightarrow NO + N$ $N + O_2 \rightarrow NO + O$ b) Exceso de combustible $N + OH \rightarrow NO + H$	- Concentración de átomos de O <sub>2</sub> atómico - Tiempo de residencia - Temperatura $\geq 1300$ °C
NO Combustible	Llama	Sobre compuestos de carbono, entre otros, parcialmente desconocidos	- Concentración de O <sub>2</sub> - Tiempo de residencia
NO Súbito	Llama	$CN + H_2 \rightarrow HCN + H$ $CN + H_2O \rightarrow HCN + OH$ $CH + N_2 \rightarrow HCN + N$	- Concentración de átomos de O <sub>2</sub> en la reacción de combustión - Exceso de aire
NO <sub>2</sub>	Llama	$NO + H_2O \rightarrow NO_2 + OH$	- Enfriamiento rápido de la reacción de combustión (turbinas de gas)
	Conductos y Chimenea	$2NO + O_2 \rightarrow NO_2$	- Temperatura menor de 650 °C - Concentración de O <sub>2</sub> - Tiempo de residencia
	Atmósfera	$NO_2 + h\nu \rightarrow NO + O$ $O + O_2 + M \rightarrow O_3 + M$ $NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$	- Concentración de O <sub>2</sub> - Intensidad de la insolación - Tiempo de residencia - Polución del aire

Tabla 1. Mecanismos de formación de los NOx.

En la Tabla 1. Mecanismos de formación de los NOx. puede apreciarse como los óxidos de nitrógeno proceden de diferentes partes del proceso y dan lugar a reacciones diferentes según las condiciones que se presentan en cada una de estas zonas.

La cantidad de NOx formada dependerá de lo que llamaremos variables primarias que son el tiempo de residencia de los gases de combustión, la temperatura de la llama y la concentración de oxígeno.

*Una de las posibles soluciones para reducir los NOx es la utilización de quemadores de bajo NOx que consiste en quemadores en los cuales se trabaja sobre la estratificación de los aportes de aire y carbón . (Inerco, 2018).*

Sin embargo, en este trabajo se ha optado por una solución más inmediata, creativa y que permite la revalorización de disoluciones residuales de otras industrias, contribuyendo aún más al desarrollo industrial sostenible en la región

### 1.3.3. Sistemas de abatimiento de NOx

En el mercado, pueden encontrarse diferentes sistemas de abatimiento de NOx. Los más conocidos son el método de reducción catalítica no selectiva (SNCR) y el método de reducción catalítica selectiva (SCR).

*El método SNCR elimina los NOx una vez que se han formado como subproducto durante la combustión. Los principios de la eliminación de NOx por la técnica de SNCR se basan en la conversión térmica de óxidos de nitrógeno mediante la inyección de un reactivo reductor en la corriente de gases de combustión en un rango de temperatura apropiado (Morrison, 1980, Miller y Bowman, 1989). El reactivo químico responsable de la reducción de NOx reacciona selectivamente con los óxidos de nitrógeno presentes en el gas de combustión convirtiéndolo en nitrógeno molecular ( $N_2$ ) inofensivo y vapor de agua ( $H_2O$ ) sin emplear un catalizador ya que NOx las reacciones de reducción ocurren a temperaturas relativamente altas. Los compuestos a base de aminas como el amoníaco y la urea se usan como el reductor de NOx . El  $NH_3$  se puede inyectar tanto en forma anhidra o acuosa (Zandaryaa, Gavasci, Lombardi, & Fiore, 2001).*

Este sistema realiza la reducción de óxidos de nitrógeno mediante la inyección de urea o amoníaco utilizando unas lanzas de pulverización como las que se encuentran representadas en el esquema de la Figura 3 (Silva Castro, 2008).

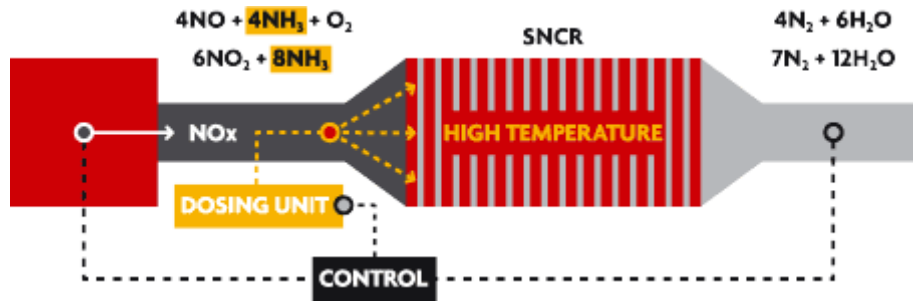
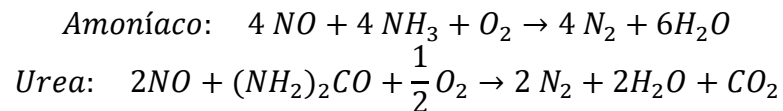


Figura 3. Sistema SNCR.

En la figura puede apreciarse una simplificación del sistema SNCR. Lo que aparece a la izquierda de la imagen sería el horno, tras ello se generan los NOx los cuales mediante una unidad de dosificación (Dosing unit) se abaten dando lugar a las reacciones que aparecen en la parte superior de la figura. Como puede verse, todo el sistema se encuentra dirigido por un sistema de control.

Las reacciones que se producen para el abatimiento de NOx según el reactivo utilizado son las que siguen:



Existen otros sistemas con mayores rendimientos como es la reducción catalítica selectiva (SCR) que puede alcanzar resultados de reducción del 80-95% el problema que presenta la SCR es que no puede exponerse a altas temperaturas ya que necesita un catalizador y esto conlleva una alta inversión y un alto coste de mantenimiento debido a la necesidad de renovar el catalizador periódicamente.

En la Tabla 2 (Prieto Fernandez, 2006) puede verse una comparación de los dos sistemas punteros en el mercado de reducción de NOx,

Medida secundaria	Índice de reducción de NO <sub>x</sub>	Otros parámetros de operación	
		Parámetro	Valor
Reducción catalítica selectiva (SCR)	80-95 %	Temperatura de operación	320-420 °C (high-dust) 260-320 °C (tail-end)
		Agente reductor	Amoniaco, urea
		Relación NH <sub>3</sub> /NO <sub>x</sub>	0,8-1,0
		NH <sub>3</sub> no reaccionado	< 20mg/Nm <sup>3</sup>
		Disponibilidad	> 98,5
		Relación de conversión SO <sub>2</sub> /SO <sub>3</sub> con la catálisis	1,0-1,5 % (tail-end)
		Consumo de energía como % de la producción eléctrica	0,5 % (high-dust) 2 % (tail-end)
		Caída de presión en el catalizador	4-10 (10 <sup>3</sup> Pa)
Reducción selectiva no catalítica (SNCR)	30-50(80) %	Temperatura de operación	850-1050 °C
		Agente reductor	Amoniaco, urea
		Relación NH <sub>3</sub> /NO <sub>x</sub>	1,5-2,5
		Disponibilidad	> 97 %
		Consumo de energía como % de la producción eléctrica	0,1-0,3 %
		Tiempo de respuesta dentro del rango de temperaturas	0,2-0,5 s

Tabla 2. Comparación sistemas abatimiento NO<sub>x</sub>.

A pesar de que con la SNCR los rendimientos que se alcanzan van desde el 30-50%, son sistemas robustos y pueden colocarse en la zona de menos acumulación de material como es en el caso a estudiar, es por ello que se considera adecuado. La SNCR, es altamente resistente al polvo (el cual encontramos en niveles bastante elevados en esta industria) y además son operan a elevadas temperaturas permitiendo así ser colocados en los lugares en los que se registra un ambiente lo más limpio posible.



### 1.3.4. Selección de las variables de estudio

El rendimiento del proceso SNCR está fuertemente influenciado por varios parámetros, que incluyen (Zandaryaa, Gavasci, Lombardi, & Fiore, 2001):

- temperatura del gas de combustión en la zona de inyección de reactivo;
- tiempo de residencia del gas de combustión en el rango de temperatura relevante;
- eficiencia o aprovechamiento de la solución amoniacal para la reducción de los NOx (NOx/NH<sub>3</sub>), esta nos permitirá conocer cuánto del amoníaco inyectado reacciona con los NOx. En este trabajo nos referiremos a ella simplemente como eficiencia de aprovechamiento.

En nuestro caso, estudiaremos de los parámetros determinados aquí la temperatura y la eficiencia de aprovechamiento. El tiempo de residencia del gas no será cuantificado por la dificultad para medirlo y falta de instrumentación.

Adicionalmente a estos parámetros, también estudiaremos el rendimiento o índice de reducción. Este parámetro cuantifica la cantidad de NOx abatidos en función de los que había antes de la inyección. En este trabajo lo denominaremos rendimiento de abatimiento.

Aunque lo ideal sería conseguir altos rendimientos en el abatimiento de NOx con altas eficiencias de aprovechamiento de las soluciones amoniacales, lamentablemente a veces para poder conseguir altos rendimientos de abatimiento se debe de trabajar con valores de eficiencia de aprovechamiento bajos, con el consiguiente gasto excesivo de disoluciones reductoras.

La variación del rendimiento en el abatimiento de NOx con la temperatura en el sistema que nos ocupa se muestra en el Gráfico 1.Reducción NOx según temperatura

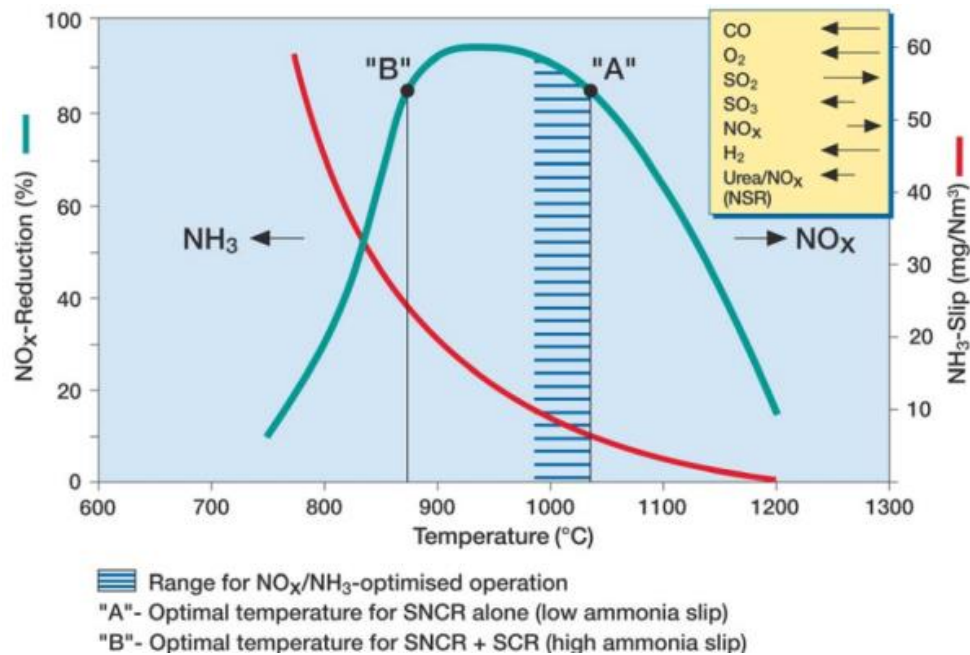


Gráfico 1.Reducción NOx según temperatura

El Gráfico 1.Reducción NOx según temperatura (Fernandez Diez, 2009) permite leer en el eje de la derecha la cantidad de amoníaco que no reacciona tras la inyección de solución amoniacal (NH<sub>2</sub> slip) y en el de la izquierda el rendimiento de abatimiento según la nomenclatura usada en este trabajo. Puede verse como cuanto mayor es la temperatura dentro del campo citado, las disoluciones amoniacales reaccionan tanto más fácilmente con el oxígeno disponible para llegar a la formación de N<sub>2</sub>. Los valores de amoníaco sin reaccionar en este trabajo serán cuantificados como eficiencia de aprovechamiento y siempre serán vistos en función de los NOx que son capaces de abatir (eficiencia).

La eficiencia es un parámetro poco extendido en bibliografía debido, por un lado, a que lo que interesa desde el punto de vista de los fabricantes es el rendimiento, y por otro a que la eficiencia no puede ser determinada directamente por el fabricante ya que es la instalación en sí y sus condiciones de funcionamiento quien la determina, pero sí que es un factor primordial para la industria convirtiéndose en el tema más referido en reuniones y conversaciones del sector.

Este factor describe cuánto amoníaco del que se inyecta al sistema es capaz de reaccionar dando lugar así al abatimiento. Una de las variables altamente influyentes en esta eficiencia es la temperatura aunque también influyen otra serie de factores como puede ser la cantidad de

polvo, velocidad de circulación de los gases, sentidos circulatorios en el interior de la torre, limpieza de las boquillas de las lanzas...

Cuando altos rendimientos de abatimiento de NOx son alcanzados a costa de valores de eficiencia muy bajos existen elevados costes de operación teniendo poco interés para la industria ya que, lo interesante es conseguir elevado rendimiento al menor precio posible. De modo que todo esfuerzo por reducir las emisiones de NOx (aumento del abatimiento) o de disminuir el consumo de las soluciones reductoras (aumento de la eficiencia) conllevarán a una reducción en los costes de abatimiento de las emisiones de NOx.

#### **1.4. Evolución de los objetivos de emisiones de la planta**

Para poder controlar las emisiones, y debido a la actualización que hubo de la normativa sobre emisiones, desde la gerencia de la fábrica en 2005 se tomó la decisión de realizar un proyecto con un conjunto de actuaciones. Este proyecto fue revisado en 2006 y modificado en 2008.

Inicialmente el proyecto (García Muro-Crivillés, 2005), consistía en una instalación para la reducción no catalítica selectiva de los óxidos de nitrógeno mediante urea,  $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ . Más adelante, en 2011, dados los cambios de precio en la solución de urea y solución amoniacal y a su bajo rendimiento se sustituyó el uso de urea por amoníaco como agente reductor.

En el proyecto que data de 2005 se alcanzaban eficiencias del 86% en algunas de las lanzas, utilizando urea como agente reductor con un coste de operación admisible para el nivel de emisión de  $800 \text{ mg/Nm}^3$  el cual estaba dentro de los límites legales para cumplir la normativa implantada en el año 2005.

En los últimos 3 años, han acontecido una serie de cambios en la fábrica que justifican la revisión de este proyecto. Por un lado, se observan nuevas condiciones en el proceso derivadas del uso de combustibles alternativos. Por otro lado, se ha comunicado en forma de borrador a los directivos por parte de personal de la Junta de Andalucía, la posibilidad de que se produzca una bajada en el límite legal de emisiones de NOx. Esta podría ocasionar una reducción desde  $800 \text{ mg/Nm}^3$  a  $500 \text{ mg/Nm}^3$  la cual tendría lugar en noviembre de 2018. Además se ha detectado que, si bien se respetan siempre los límites legales, las emisiones han aumentado ligeramente en los últimos años. Esto ha ocasionado un aumento en el consumo de solución amoniacal que no es deseable debido a los elevados costes que genera. Por otro

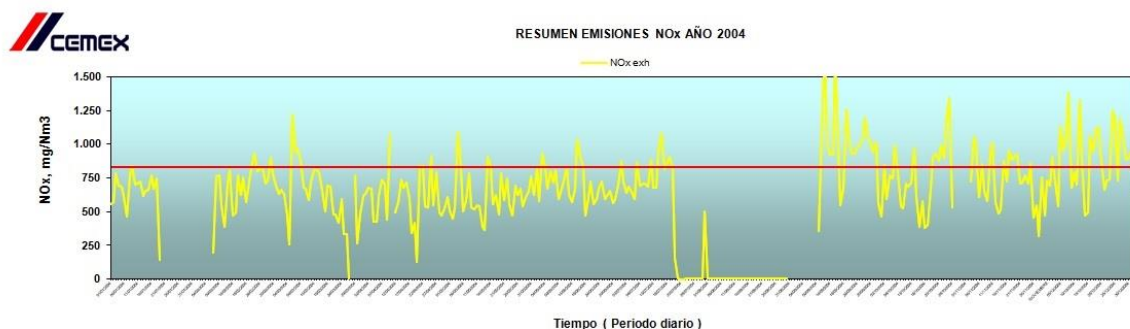
lado, un mejor conocimiento de este tipo de sistemas permite gestionar más y mejor información sobre la misma y actualizar la instrumentación.

Se hace entonces necesario revisar todo el proceso y establecer protocolos de revisión del sistema y buenas prácticas en la industria mediante la introducción y la actualización de las instrucciones de seguridad y salud necesarias para operar y evaluar alternativas que proporcionen una reducción de costes de operación del sistema.

## **1.5. Análisis de los documentos que describen los proyectos anteriores de tratamiento de las emisiones.**

### **1.5.1. Proyecto inicial de reducción de NOx**

Este proyecto fue llevado a cabo ante la necesidad controlar las emisiones a la atmósfera de NO y NO<sub>2</sub> debido a que, aunque hasta el momento no había sido impuesta una legislación muy estricta sobre emisiones en los próximos años pasaría a serlo. Dicho límite de emisiones se establecería en 800 mg/Nm<sup>3</sup>, una cantidad notablemente reducida frente al límite de 1200 mg/Nm<sup>3</sup> que se había estado aplicando hasta el momento. En 2004 dicho límite se superó 160 días en el año y la media de emisiones al año se establecía en 931 mg/Nm<sup>3</sup>. Lo cual hacía evidente la necesidad de actuar frente a un problema con consecuencias económicas y medioambientales severas. Puede observarse en el gráfico 2 (perteneciente al proyecto inicial) como el valor límite fue superado de forma recurrente en el año 2004 (año previo a la realización del proyecto), en ella se correlaciona en amarillo la cantidad de NOx vertido a la atmosfera frente a un periodo diario.



**Gráfico 2. Emisiones NOx en 2004**

En el **Gráfico 2** puede observarse lo comentado anteriormente, la línea roja representa el máximo que tras la nueva legislación admitiría la ley, por tanto que quedaba claramente justificado el proyecto de reducción de óxidos de nitrógeno en la fábrica.

El periodo en el que aparece que el NO<sub>x</sub> es 0 es debido a la parada reglamentaria de la fábrica que se realiza en el segundo semestre del año y dura aproximadamente un mes.

Para la realización de este proyecto, se realizaron una serie de estudios con el fin de tomar la decisión más adecuada (Puede consultarse un resumen en el Anexo 5), estos estudios, fueron llevados a cabo desde la gerencia de la fábrica mientras que el proyecto final fue realizado por Don Emilio García Muro-Crivilles, visado en Madrid en noviembre de 2005. (García Muro-Crivillés, 2005). Dicho proyecto consistía en un sistema de reducción de NO<sub>x</sub> que utilizaba como agente reductor urea (CH<sub>4</sub>N<sub>2</sub>O), sustancia química que posee buenos valores de reducción y ofrecía un buen funcionamiento del sistema.

Como solución se propuso la instalación de un sistema de reducción no catalítica de NO<sub>x</sub> mediante urea (SNCR).

La elección de urea como solución reductora se justificó por la facilidad para conseguir este producto y los acuerdos tomados respecto al precio y especificaciones. Otro de los factores muy influyentes fue el hecho de la peligrosidad del reactivo, la urea, que posee un menor riesgo en el manipulado que el amoníaco y otorgaba unos rendimientos similares para un precio bastante inferior.

Dentro del estudio que se hizo desde fábrica también se analizó en número de puntos de inyección de solución amoniacal que debía de haber para conseguir un correcto abatimiento así como su localización dentro de la torre de ciclones. Se concluyó que el número de puntos de inyección depende del rendimiento que se desease y las temperaturas que se alcanzasen en cada uno de los puntos. Finalmente se instalaron 6 lanzas con un sistema que permitían el correcto abatimiento de los NO<sub>x</sub>.

Para el diseño de la instalación fue necesario hacer estudios de evaluación de temperaturas pudiendo verse así dónde se cumplía la ventana térmica de reducción de los NO<sub>x</sub>, que es el conjunto de temperaturas a las que el amoníaco/urea reacciona con los NO<sub>x</sub> para dar N<sub>2</sub>. En el siguiente gráfico (Mussatti, 2000), puede verse como varía el rendimiento de abatimiento de según la temperatura del sistema y la disolución reductora utilizada (amoníaco o urea):

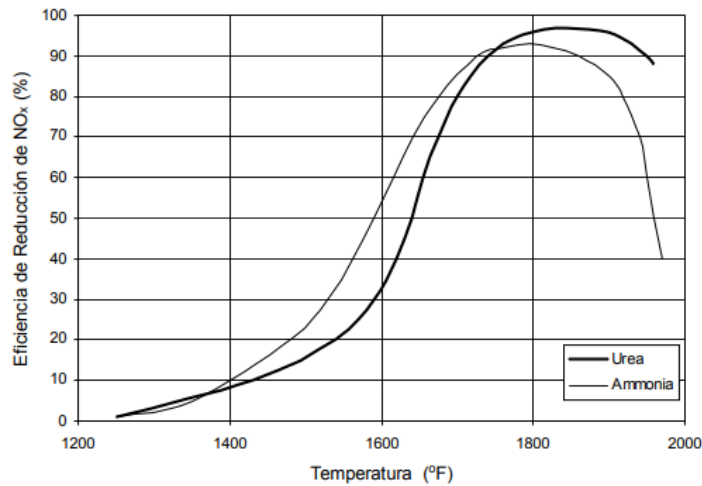


Gráfico 3. Eficiencia de la reacción (rendimiento de abatimiento) utilizando disoluciones de amoníaco (línea más gruesa) o urea (línea más fina) a diversas temperaturas.

Como se observa en el Gráfico 3 la urea y el amoníaco poseen ventanas térmicas similares. Se observa en la figura que el máximo rendimiento en el caso de la urea se alcanza alrededor de los 1900°F (1038°C), mientras que la del amoníaco es de 1800°F (982°C). Como puede verse el amoníaco disminuye su rendimiento más rápidamente que la urea justo después de alcanzar la temperatura óptima de reacción haciendo esto menos robusto el diseño y obligando a que la temperatura a la que se encuentre el sistema esté muy bien controlada. En el caso de la urea es diferente ya que si aumenta la temperatura óptima los rendimientos siguen siendo similares hasta cerca de los 2000°F (1093°C).

Es interesante ver por tanto, los resultados obtenidos al realizar las mediciones de temperatura en el análisis previo, Figura 4 (Holcim, 2005), realizado desde la gerencia de fábrica para el proyecto de 2005.

Red values: 1st profile measurement  
 Blue values: 2nd profile measurement  
 Black arrows: points of temperature measurement

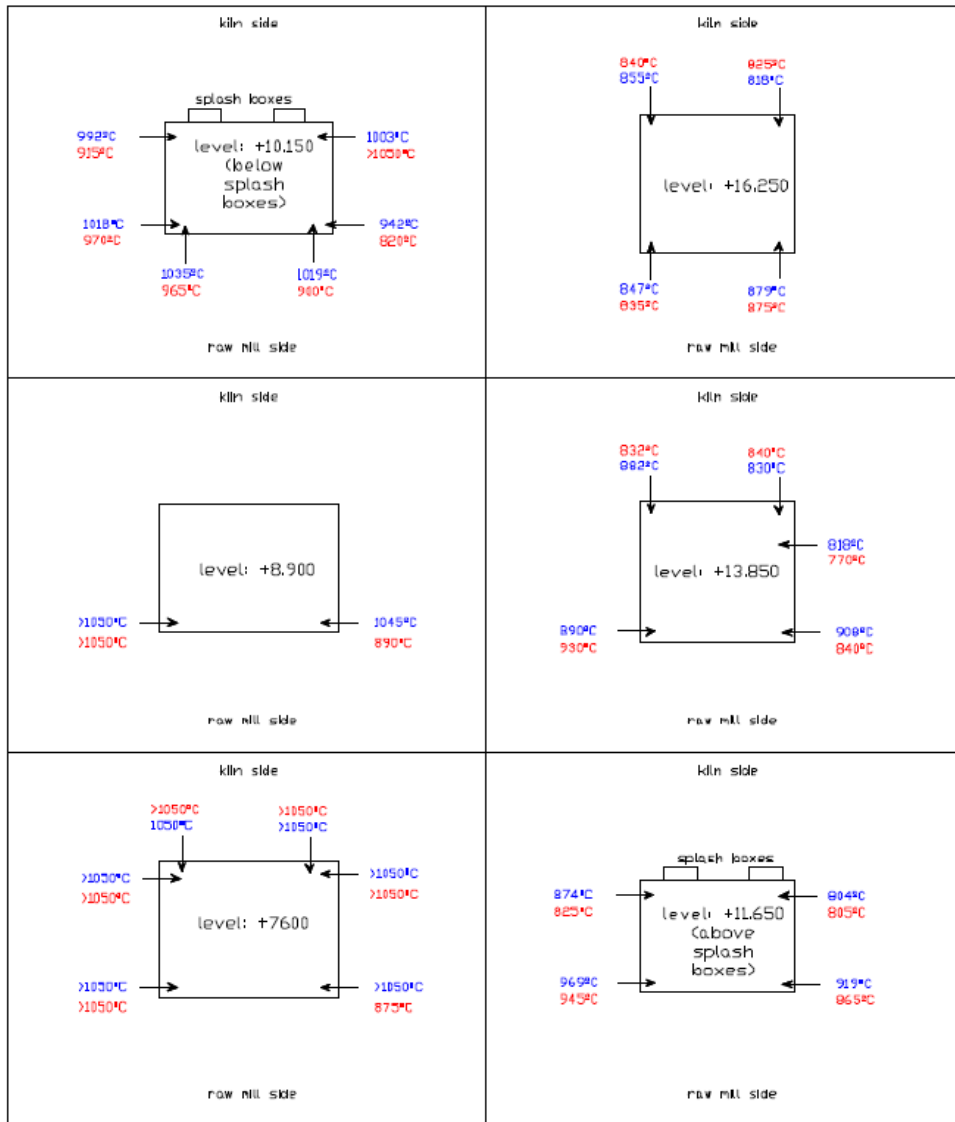


Figura 4. Medida temperatura proyecto inicial.

Tras dichas mediciones de temperatura y viéndose así qué puntos podían ser más viables se definieron los posibles puntos de inyección de solución amoniacal, que fueron los que se enumeran en la Figura 5 (Holcim, 2005):

Magenta arrows: points of reagent injection (to make during kiln stop)

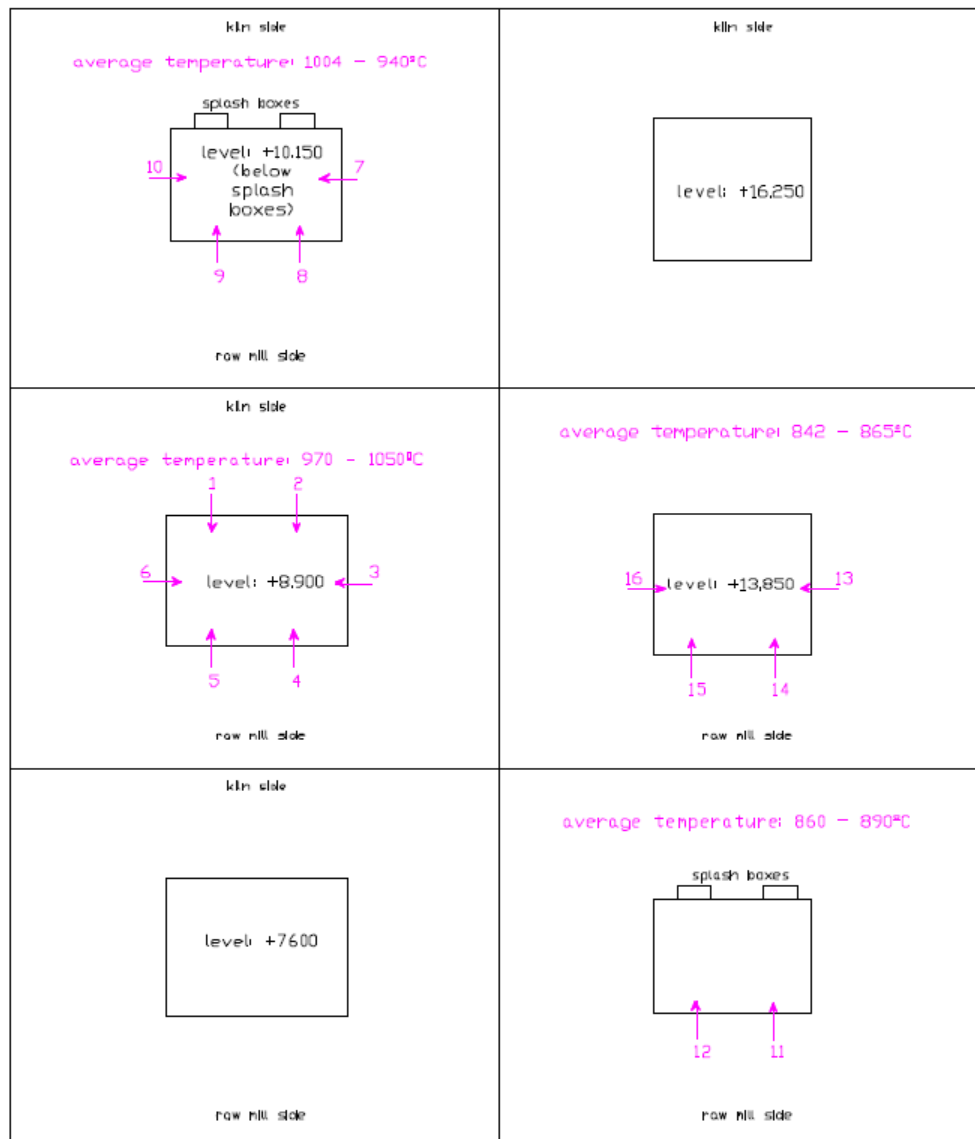


Figura 5. Puntos inyección proyecto inicial.

Puede comprobarse en el plano nº 2 a qué planta corresponde cada uno de los puntos. En la imagen, “raw mill side” se corresponde con el lado donde se encuentra el molino de crudo y que correspondería en el argot mencionado durante este proyecto al lado Gádor y en lado que aparece como “kiln side” corresponde con el lado del horno que es el correspondiente al lado Almería.

Tras la evaluación de las temperaturas en cada zona, se decidió la instalación de lanzas en los puntos marcados en rosa para así realizar las pruebas pertinentes y determinar los rendimientos de abatimiento en cada uno de los puntos permitiendo esto, reducir el número de lanzas instalado a seis.



Se decidió que los puntos en los que finalmente se colocasen las lanzas fuesen el 1 y el 2 (Figura 5) correspondiente a lo que sería la planta dos, También se colocaron en los puntos 8 y 9 que corresponden a la entre planta 2-3 que en este proyecto se han nombrado como Lanza 2ª planta lado parque y Lanza 2º planta lado control. Adicionalmente se decidieron los puntos 13 y 16, estos también siguen en funcionamiento en la actualidad, en este proyecto esas dos lanzas han sido nombradas como Lanza 3ª planta lado control y Lanza 3ª planta lado parque.

Para favorecer el entendimiento de la denominación para cada lanza utilizado en este proyecto, puede observarse el siguiente diagrama, este es una simplificación centrándonos solo en el lugar que necesitamos del plano de fábrica, plano nº 1.

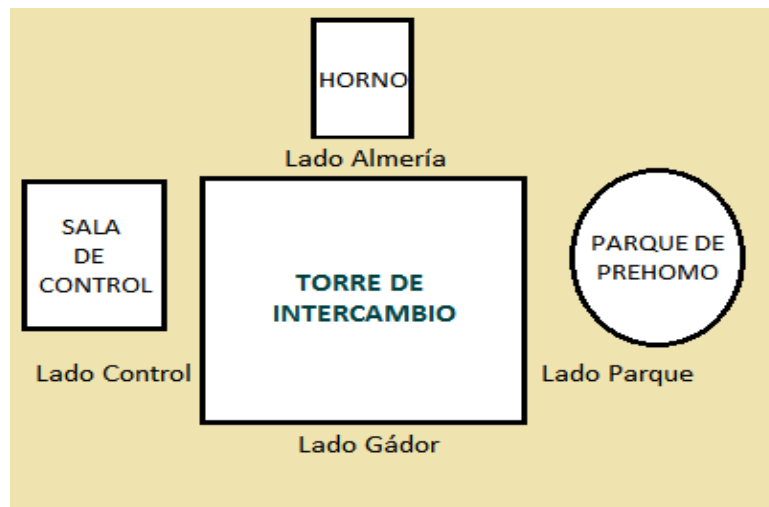


Figura 6. Simplificación plano.

En la parada mayor que se realizó reglamentaria en 2005, se ejecutaron los accesos pertinentes para la colocación de las lanzas posibilitando así el estudio de la influencia de la posición y la temperatura.

En la siguiente tabla, puede observarse el rendimiento obtenido en el proyecto inicial de cada una de las lanzas estudiadas, en amarillo se encuentran las que se decidieron finalmente para su instalación definitiva.

Punto	Inicio	Final	Reductor	Caudal l/h	NO <sub>x</sub> antes	NO <sub>x</sub> después	% eficiencia N/N	% Reducción NO <sub>x</sub>
<b>1+2</b>	8:28	8:34	Urea	300	2212	1476	65%	33.3 %
<b>6</b>	8:40	8:46	Urea	300	2133	1588	48%	25.6 %
<b>8+9</b>	9:36	9:42	Urea	300	2680	1703	86%	36.5 %
<b>10</b>	9:48	9:54	Urea	300	2701	2046	58%	24.3 %
<b>7</b>	10:00	10:06	Urea	300	2751	2457	26%	9 %
<b>15</b>	10:14	10:20	Urea	300	3168	2942	20%	7.1 %
<b>16</b>	10:26	10:32	Urea	300	3170	2367	71%	25.3 %

Tabla 3. Valores eficiencia y rendimiento obtenidos durante los ensayos de inyección de urea en el proyecto inicial.

En la Tabla 3 (Holcim, 2005), puede apreciarse cómo los puntos en los que se decidió finalmente instalar las lanzas fueron aquellos en los que se detectó una eficiencia mayor y por tanto eran más rentables debido a que la mayoría de la urea utilizada reaccionaba. Además éstos se corresponden con los mayores valores de eficiencia, que si los comprobamos con la tabla de rendimientos obtenida de bibliografía corresponden con valores referenciados normalmente en bibliografía, Tabla 2 (Prieto Fernandez, 2006).

Tras la definición de los puntos de inyección más adecuados y las temperaturas se procedió al encargo del proyecto al ingeniero Emilio García Muro-Crivilles. Dicho Proyecto consistía en la instalación de las lanzas de solución amoniacal y el diseño de toda la instalación de descarga, almacenamiento y suministro las lanzas. Puede comprobarse en el Anexo 6 el plano de la instalación inicial.

El proyecto (García Muro-Crivillés E. , 2005) consistía un depósito de almacenamiento de urea con una capacidad de 80 m<sup>3</sup>, que mediante un equipo de trasiego de media presión y una red de tuberías calefactoras inyecta al sistema la solución de urea de forma controlada a través de boquillas pulverizadoras en el final del intercambiador donde la elevada temperatura de los gases favorece las reacciones químicas y permite una mayor absorción.

## 1.5.2. Modificaciones de 2008.

En 2008 se hace una modificación para instalar un nuevo tanque de almacenamiento y grupo de trasiego pasando a tener así dos líneas en paralelo, esto se hace con la intención de poder traer soluciones amoniacaes que sean residuos de otras fábricas. Lamentablemente un problema de suministro impidió que se utilizase con su finalidad inicial y ambos tanques fueron utilizados para almacenar solución reductora de urea.

## 1.5.3. Modificaciones de 2011.

En 2011 se había producido una bajada en el precio del amoníaco y subida en el de la urea de modo que se decidió estudiar la adaptación del proyecto inicial para poder utilizar amoníaco.

Primeramente se comprobó que aunque los rendimientos para el caso del amoníaco eran un poco más bajos salía rentable realizar este cambio ya que el ahorro era mucho mayor.

Como ventaja al cambio, ya no era necesaria la instalación de calefactado de tuberías que se había puesto en marcha en 2006 con el primer proyecto ya que el amoníaco en disolución no cristaliza a temperatura ambiente. Esto también supuso un ahorro en energía eléctrica.

Al haber sido diseñado el sistema inicialmente para su uso con urea, la conversión a amoníaco fue simple ya que en las condiciones de operación las condiciones de reacción del amoníaco se deberían cumplir también, peligrando sólo que la eficiencia disminuya si las temperaturas se elevaban demasiado (Gráfico 3).

El proyecto de adecuación fue realizado en 2011 por el ingeniero Don Emilio García Muro-Crivilles y visado en Madrid. Se acordó el suministro de solución amoniacaal por la empresa Greem Iberica S.A. con centro en Madrid. (García Muro-Crivillés E. , 2011)

Se trató de un proyecto en el que solo se recogían cambios menores en la instalación y fue utilizado el anterior en su totalidad cambiando solo la parte del calefactado.

Como cambio se decidió que las lanzas 1 y 2 se situasen en la misma planta en la que se situaban las lanzas 13 y 16 para así cumplir la ventana térmica del amoníaco que es ligeramente diferente a la de la urea.

#### 1.5.4. Situación actual.

Actualmente la situación real en la fábrica es que:

- Se prevé una bajada próxima de los límites permitidos de emisiones de NOx desde el valor que aún está en vigor de 800 mg/Nm<sup>3</sup> a un valor de 500 mg/Nm<sup>3</sup>. Se ha realizado una inspección visual y se observa que han ido teniendo lugar cambios en los equipos e instrumentación de la sección de inyección al horno de los cuales no hay constancia documental.
- Se ha detectado una bajada en la eficiencia del uso de las disoluciones amoniacales, con el consiguiente aumento de los costos de operación.
- Existe un creciente interés en la fábrica por contribuir con la mejora de la calidad medioambiental del entorno, intentando colaborar tanto como sea posible en la reducción de contaminantes propios y de otras industrias de la región.

Es bajo estas circunstancias que surge la necesidad de realizar el presente trabajo.

2.

MEMORIA  
DESCRIPTIVA

# ÍNDICE

2.1. Objetivos del trabajo técnico.....	22
2.2. Análisis detallado de la situación actual. ....	23
2.2.1. Inspección técnica en campo.....	23
2.2.2. Análisis de datos sala de control. ....	24
2.2.3. Realización de un análisis de causa raíz.....	24
2.3. Actuaciones para atender a las causas detectadas en el diagrama de causa raíz. ....	26
2.3.1. Actuaciones sobre el pórtico de regulación y armario de lanzas de inyección.....	26
2.3.2. Actuaciones sobre el diagrama de flujo (flowsheet) del sistema .....	28
2.3.3. Mejora del sistema actual de sujeción de lanzas .....	29
2.3.4. Mejora de las rutinas de mantenimiento .....	30
2.3.5. Verificación de ventana térmica de la solución amoniacal .....	30
2.3.6. Mediciones de NOx en la torre de intercambio de gases. ....	32
2.3.7. Evaluación de residuos provenientes de otras industrias como potenciales agentes reductores. ....	36
2.3.8. Influencia de parámetros sobre la reacción. ....	41
2.4. Actuaciones viables para la mejora de la eficiencia cumpliendo la legislación.....	44
2.4.1. Actuaciones sobre la instrumentación.....	44
2.4.2. Actuaciones recomendadas sobre la estrategia de regulación.....	46
2.5. Conclusiones. ....	46

## **2.1. Objetivos del trabajo técnico**

El objetivo esencial de este trabajo técnico consiste en la reducción de los costes en el sistema de abatimiento de los NOx instalado en la torre del intercambiador de la empresa Cémex situada en la planta de Gádor, la evaluación integral del sistema y la puesta a punto de su funcionamiento, atendiendo no sólo a factores económicos sino también a factores de seguridad e higiene así como cuidado del medio ambiente.

Este objetivo ha sido planteado basado en la situación actual, que se define por:

- Incertidumbre acerca de modificaciones esperadas en los límites de emisiones de NOx permitidas por la ley para esta actividad industrial en Andalucía.
- Conocimiento de la realización de cambios en la instalación no documentados correctamente.
- Preocupante bajada de la eficiencia de las actuales instalaciones de inyección de disoluciones amoniacales.
- Creciente actitud de compromiso de la empresa por la gestión de residuos propios y ajenos y la seguridad de los trabajadores.

Los objetivos operativos que permitirán el logro de este objetivo principal se definen entonces como:

### Aspecto económico.

Objetivo: reducir los costes de abatimiento de los NOx mediante la disminución de uso de solución amoniacal a valores inferiores a 2.3 kg NH<sub>3</sub>/Tonelada de clínker.

Analizar posibles mejoras en el rendimiento de abatimiento de los NOx

Analizar posibles mejoras en la eficiencia del uso de las disoluciones amoniacales

### Aspecto medioambiental.

Objetivo: mejorar la eficiencia del sistema para minimizar los residuos.

Analizar posibles mejoras en la eficiencia del uso de las disoluciones amoniacales

Evaluar la posibilidad de utilizar residuos que provengan de otras industrias de la zona para realizar los abatimientos.

#### Aspecto de la seguridad e higiene en el trabajo

Revisión del sistema de abatimiento de NOx

Establecimiento de protocolos de actuación

Buscar oportunidades para la mejora del medioambiente

## **2.2. Análisis detallado de la situación actual.**

### **2.2.1. Inspección técnica en campo.**

En la inspección técnica de campo realizada, y que se describe en el anexo 1 se han encontrado los siguientes problemas:

1. En el pórtico de regulación de caudal encontramos herramientas fuera de lugar y placas de identificación poco visibles.
2. La mayoría de equipos no cuentan con identificación en campo.
3. Algunas partes de la instalación muy deterioradas.
4. Los repuestos que hay en campo en el armario de lanzas de solución amoniacal no están inventariados.
5. En cuanto a los equipos de medición en campo, se comprueba que no llegan señales de la mayoría de ellos a control, con el consiguiente problema que esto desencadena.
6. Se detecta la falta de mantenimiento sobre las lanzas de inyección de solución amoniacal, se decide entrevistar a los responsables de mantenimiento para saber cuál era el motivo de este factor.
7. En cuanto al pórtico de regulación de caudal se comprueba que todos los elementos funcionan correctamente pero no se encuentran inventariados.



- Se observa si comparamos el plano de este proyecto con el flowsheet (plano nº3) que se posee en fabrica y por el cual se guían los operarios para trabajar es que hay muchas diferencias entre ambos sobre todo en la zona del pórtico y el armario de lanzas.

### 2.2.2. Análisis de datos sala de control.

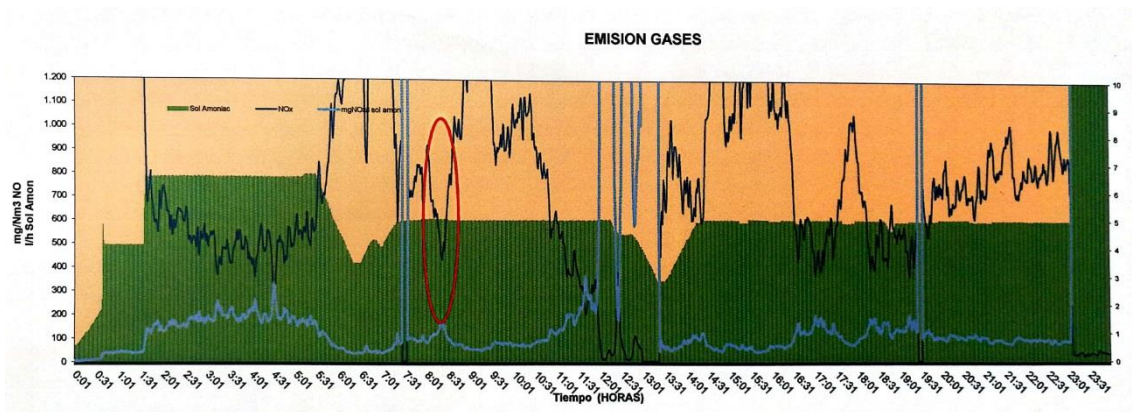


Gráfico 4. Evolución temporal de la emisión de gases.

En el Gráfico 4 puede comprobarse como el sistema, analizando los datos, no funciona correctamente. Puede verse como para un caudal más o menos constante entre las 7:00 horas y las 12:00 horas se producen comportamientos poco predecibles y deseables mientras que en otros periodos como en el que va de las 0:00 a las 6:30 el sistema está mejor controlado. Esto podría atribuirse a un mal funcionamiento de la boquilla de la lanza el cual provoca una mala pulverización, o bien, ser debido a variaciones del proceso, bajas temperaturas en los puntos de inyección o un elevado caudal de amoníaco que no reacciona que puede estar ligado a diversas condiciones.

### 2.2.3. Realización de un análisis de causa raíz

Una vez realizada la inspección visual a campo y analizados los datos de control se organiza el trabajo para así buscar soluciones a los problemas que se plantean para ello se hace uso del análisis de causa raíz (ACR). Es posible obtener más información en el anexo 2.

El diagrama de causa raíz obtenida se muestra en la Figura 7:

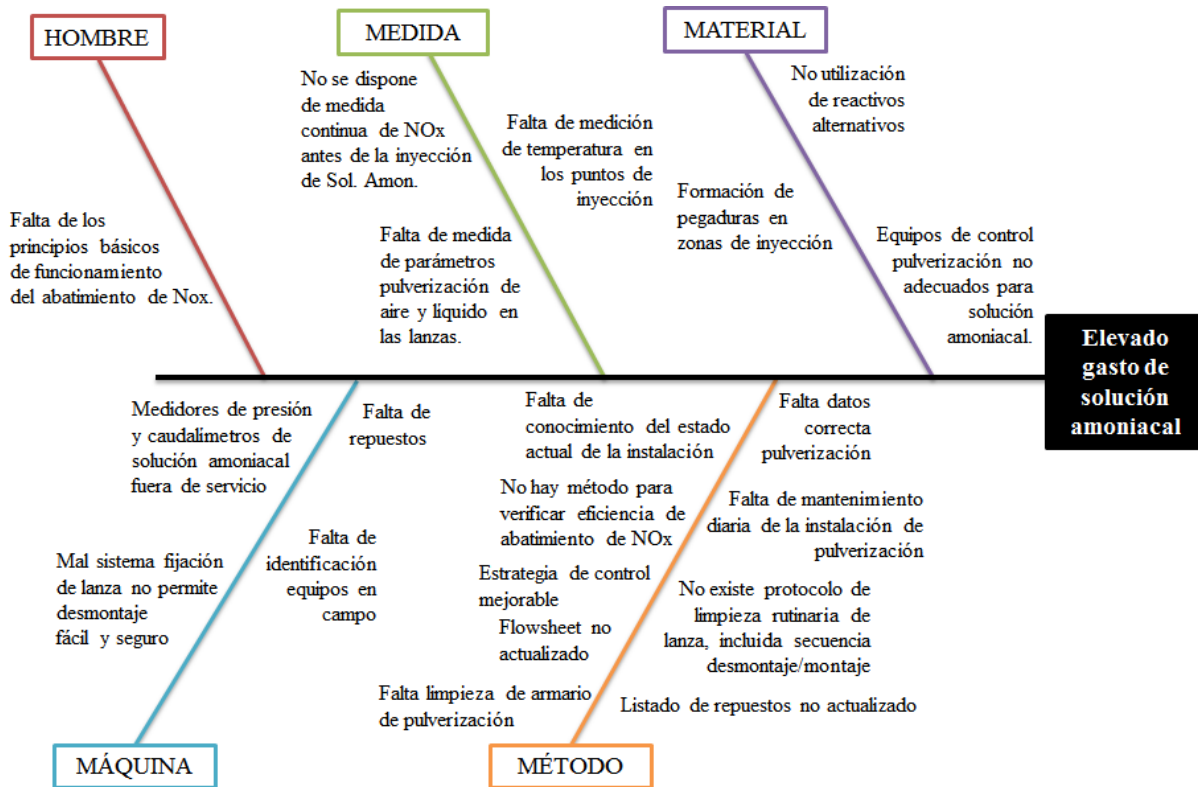


Figura 7. Diagrama causa raíz.

Una vez realizado este análisis, se definen acciones para tratar las causas identificadas, estas acciones han sido ordenadas temporalmente y colocadas en el Gráfico 5.

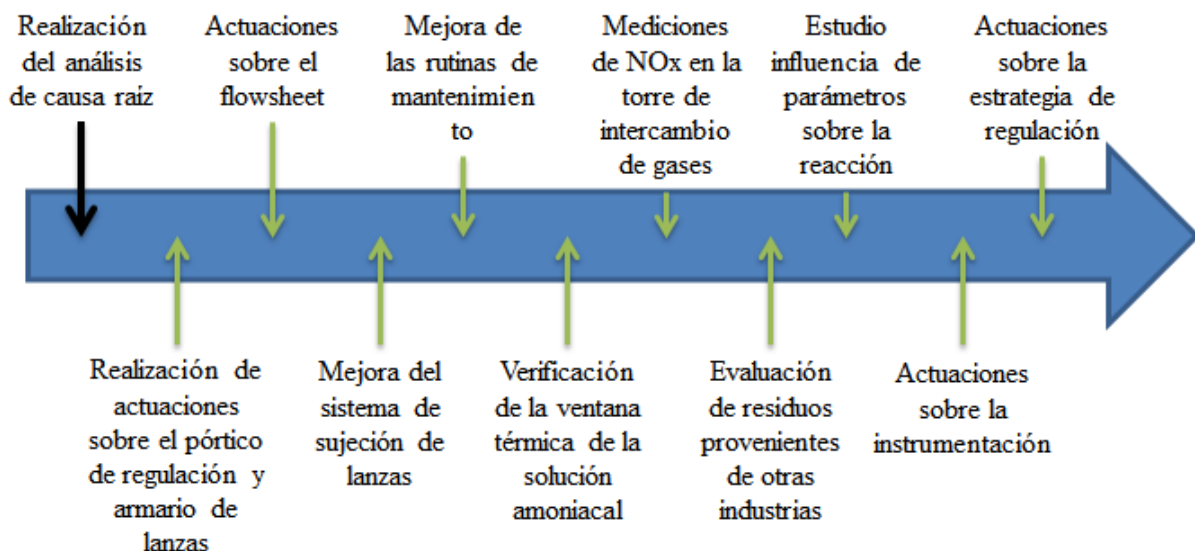


Gráfico 5. Distribución temporal de las medidas a realizar.

## 2.3. Actuaciones para atender a las causas detectadas en el diagrama de causa raíz.

### 2.3.1. Actuaciones sobre el pórtico de regulación y armario de lanzas de inyección

De la visita a campo se concluye que el pórtico de regulación, armario de lanzas y las lanzas son la parte de la instalación con mayor posibilidad de mejora y la parte más crítica del proceso, ya que, es en esta parte donde se miden todas las variables influyentes en el proceso como es caudal y presión en las lanzas que es lo que nos indica si están obturadas o no.

Como solución a la falta de identificación en campo de los equipos se propone la designación de los mismos como sigue, añadiendo además el código de identificación interno (Código HAC) de cada uno de ellos. Se pretende así solucionar la causa identificada en el ACR como “Falta de identificación de quipos en campo”.

En la Figura 8 veremos la designación que se daría a cada equipo en el caso del pórtico de regulador de caudal.

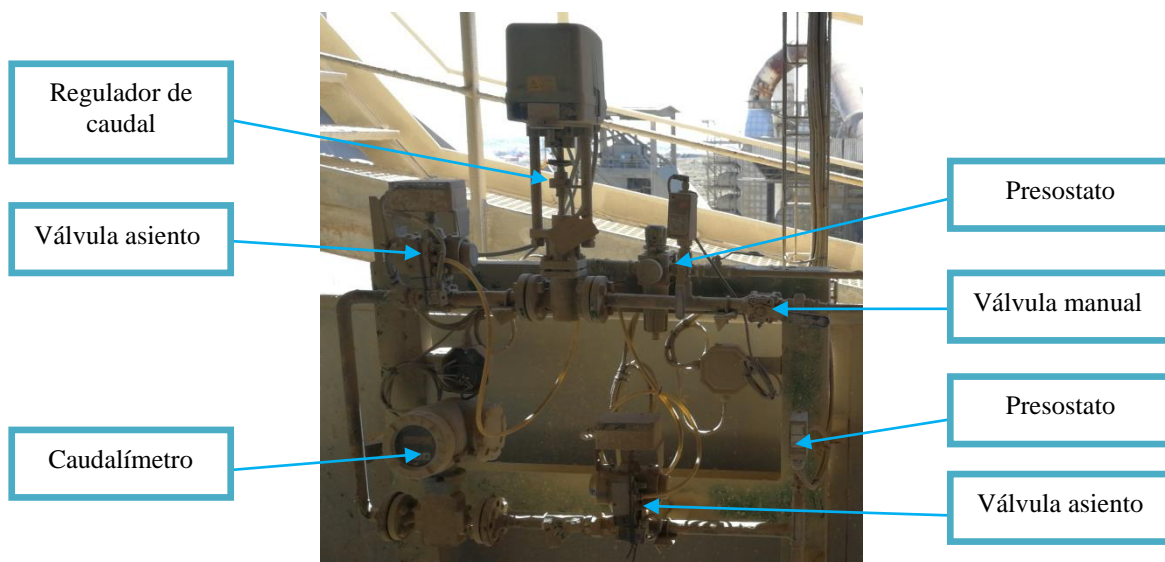


Figura 8. Pórtico regulación de caudal.

En cuanto al armario de pulverización, se pone en conocimiento al departamento mecánico del estado del mismo para que estos realicen una limpieza solucionándose así la “Falta de limpieza de armario de pulverización” definida en el ACR.

Tras la visita a campo y comprobación con la documentación disponible se comprueba que los equipos no están inventariados y por tanto, en almacén no se dispone de repuestos para realizar sustituciones en caso de fallo. Por ello para plantear la solución a las causas identificadas en el ACR: “Falta de repuestos” y “Listado de repuestos no actualizado” se determina realizar un listado de equipos tanto en el armario de lanzas de inyección como en el pórtico regulador. Puede verse en la Tabla 4 y la Tabla 5 la lista de componentes identificados:

<b>REPUESTOS CUADRO LANZAS DE SOLUCIÓN AMONICAL</b>			
<b><u>ACTUADORES</u></b>			
<b><u>POS.</u></b>	<b><u>CANT</u></b>	<b><u>MATERIALES</u></b>	<b><u>CODIFICACIÓN - HAC</u></b>
4.12	6	Válvula esfera paso total $\Phi$ 1/2" seccionamiento electroválvulas	4G2-IN1-V4 / 4G2-IN2-V4 / 4G2-IN3-V4 / 4G2-IN4-V4 / 4G2-IN5-V4 / 4G2-IN6-V4
4.13	6	Válvula esfera paso total $\Phi$ 1/2" seccionamiento electroválvulas	4G2-IN1-V3 / 4G2-IN2-V3 / 4G2-IN3-V3 / 4G2-IN4-V3 / 4G2-IN5-V3 / 4G2-IN6-V3
4.14	6	Electroválvulas cuerpo latón $\Phi$ 1/2" C/conector (circuito aire)	4G2-IN1-V2 / 4G2-IN2-V2 / 4G2-IN3-V2 / 4G2-IN4-V2 / 4G2-IN5-V2 / 4G2-IN6-V2
4.29	6	Restrictor de caudal de aire (6 racores entrada rectos $\Phi$ 1/8"-8)	4G2-IN1-V5 / 4G2-IN2-V5 / 4G2-IN3-V5 / 4G2-IN4-V5 / 4G2-IN5-V5 / 4G2-IN6-V5
5.05	6	Válvula reguladora Caudal Q=500L. DN15 PN-16 C/actuador 220V	4G2-IN1-V1 / 4G2-IN2-V1 / 4G2-IN3-V1 / 4G2-IN4-V1 / 4G2-IN5-V1 / 4G2-IN6-V1
5.06	6	Válvula bola actuador simple efecto $\Phi$ 1/2" C/final de carrera	4G2-IN1-V6 / 4G2-IN2-V6 / 4G2-IN3-V6 / 4G2-IN4-V6 / 4G2-IN5-V6 / 4G2-IN6-V6
5.08	6	Contadores FCMI -10DO8DYA4P-LI- UP8X-H1141	4G2-LM1 / 4G2-LM2 / 4G2-LM3 / 4G2-LM4 / 4G2-LM5 / 4G2- LM6
<b><u>SENSORES</u></b>			
PI431	6	Transmisor presión 0-1bar. Salida 4-20 Ma	PI431
PS411	1	Presostatos escala 0-10 bar C/salida analógica y digital 4-20Mbar	PS411
Z108	1	Final de carrera en válvula ref. 4.02 llegada pórtico válvulas	Z108
Z109	1	Final de carrera en válvula ref. 4.05 llegada válvula reguladora de caudal	Z109
Z110	1	Final de carrera en válvula ref. 4.06 reguladora de caudal	Z110

Tabla 4. Listado elementos instalación armario lanzas inyección.

<b>REPUESTOS PÓRTICO REGULACIÓN DE CAUDAL</b>			
<b>POS.</b>	<b>CANT</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>CODIFICACIÓN</b>
4.01	1	Válvula seccionamiento $\Phi$ 3/4"	4G2-VAB
4.02	1	Válvula asiento paso inclinado $\Phi$ 3/4" PN-16. C/Empaquetadura PTFE	4G2-VA5
4.03	1	Filtro en "Y" $\Phi$ 3/4"	4G2-FC7
4.04	1	Contador magnético inductivos C/Bridas DN-10 PN-25 S. Salida 4-20 Ma	4G2-LM1
4.05	1	Válvula asiento paso inclinado $\Phi$ 3/4" PN-16. C/Empaquetadura PTFE	4G2-VA6
4.06	1	Válvula regulación caudal C/Actuador eléctrico DN-15 PN-40 S.E.4-20 ma	4G2-VA7
4.07	1	Válvula seccionamiento $\Phi$ 3/4"	4G2-VAC
4.11	1	Válvulas $\Phi$ 1/4" Inox. Presostato	4G2-VAD
4G2-FC6	1	Filtro en "Y" $\Phi$ 3/4"	4G2-FC6
5.04	1	Válvula seccionamiento $\Phi$ 3/4"	4G2-VAE

Tabla 5. Listado elementos instalación reguladora de caudal.

### 2.3.2. Actuaciones sobre el diagrama de flujo (flowsheet) del sistema

Tal y como se indica anteriormente, el flowsheet que había antes de la realización del proyecto, plano nº3, está desfasado y es muy confuso.

Con el fin de definir un flowsheet definitivo y dar solución a la causa identificada en el ACR como “*Flowsheet no actualizado*” se realiza comprobación en campo de los elementos que se poseen y se crea el siguiente flowsheet definitivo que puede comprobarse en el plano nº4.

Además en este flowsheet han sido identificados cada uno de los repuestos con el código que los identifica en el proyecto inicial y con el código interno de identificación con el fin de garantizar la existencia de repuestos en almacén y facilitar el cambio cuando haya fallo en alguno de ellos.

Por ello se cuantificará la reposición de todos estos elementos mejorando todos aquellos que sea posible. El coste de estas mejoras asciende a 24410€ contando la mano de obra necesaria para efectuarlas. En el apartado destinado a mediciones y presupuestos puede consultarse información más detallada.

### 2.3.3. Mejora del sistema actual de sujeción de lanzas

En la visita a campo se detectó que el sistema de sujeción de lanzas no era el idóneo derivando esto en la causa *“Mal sistema de fijación de lanza, no permite fácil y seguro desmontaje para limpieza”*. Por ello tras comunicarlo a los responsables del departamento mecánico se les transmitió la necesidad de crear un sistema similar al de la figura 4 del anexo 1; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Finalmente se obtuvo lo siguiente:



Figura 9. Nueva sujeción lanza.

Un sistema basado en la lanza tipo 2 (puede verse en la figura 4 del anexo 1) realizado sobre la lanza tipo 1 (puede verse en la figura 3 del anexo 1). Se tuvo en prueba un periodo de tiempo y tras recoger “feedback” de los empleados, se recomienda cambiar el sistema de todas las lanzas a algo similar a esto.

Además, en este sistema es posible poner un solo tornillo para de esta forma cumplir la normativa interna en materia de seguridad que dice que para abrir cualquier registro siempre debe ser necesario utilizar una herramienta mecánica.

### 2.3.4. Mejora de las rutinas de mantenimiento

Las rutinas de mantenimiento en la actualidad se realizan cada 3 días, se aconseja a la vista de los resultados obtenidos realizar dicha limpieza diariamente para así evitar obstrucciones en las boquillas pudiendo obtenerse de esta forma valores de abatimiento óptimos. Esto resolvería la causa “*Falta de mantenimiento diaria de la instalación de pulverización*” de ACR.

Para mejorar y estandarizar las rutinas de limpieza y mantenimiento se ha creado un protocolo que puede ser consultado en el apartado correspondiente a las especificaciones. Con esto, se solucionaría la causa “*No existe protocolo de limpieza rutinaria de lanza, incluida secuencia de montaje y desmontaje*”.

Para la mejora del control sobre la evolución del sistema y en la comunicación de los compañeros se decide crear una aplicación móvil. Con esto, se pretende mejorar el control sobre la instalación mejorando las revisiones ya que en la aplicación se visualiza una lista de chequeo que hace obligatorio el paso por todos los puntos de interés evitando olvidos. De esta forma, los encargados de cada zona recibirán reportes instantáneos sobre el estado del sistema y se optimizarán las rutinas de mantenimiento. Puede obtenerse más información de esta aplicación en el anexo 4.

Una vez definidas todas estas mejoras, se dio una formación a los operarios encargados del mantenimiento en la que se les explicó el protocolo de limpieza adecuado, se les instruyó sobre los principios de funcionamiento del sistema y se les enseñó a usar la aplicación móvil. Solucionando de esta forma la “*Falta de formación en mantenimiento de la instalación*” y “*Falta de formación de los principios de funcionamiento del abatimiento de NOx*” detectadas durante el ACR.

### 2.3.5. Verificación de ventana térmica de la solución amoniacal

Se realizan mediciones en la torre de intercambio, para conocer la temperatura de los gases en la zona de inyección de cada una de las lanzas. Esto permitirá evaluar si se encuentran situadas en la zona en la que se produce la ventana térmica de actuación del amoníaco y comprobar qué lanzas son más eficaces poder definir en función de la cantidad de NH<sub>3</sub> que se inyecte definir cuales lanzas será adecuado utilizar, atendiendo así a la causa definida en el

diagrama de causa raíz como “Falta de medición de temperatura en los puntos de inyección para evaluar ventana térmica”.

Puede consultarse el procedimiento de toma de medida en el anexo 7.

Las temperaturas medias obtenidas mediante el cálculo de la media aritmética durante la utilización de solución amoniacal al 25% para los distintos puntos son las que se muestran en la Tabla 6.

Punto	Denominación del punto	Temperatura media
1	3ª Planta lado Gádor	915°C
2	3ª Planta lado Almería	850°C
3	3ª Planta lado Parque	960°C
4	3ª Planta lado Control	973°C
5	2ª Planta lado Parque	955°C
6	2ª Planta Lado Control	948°C

Tabla 6. Temperaturas en los puntos de inyección.

Fernández Diez (2009) sugiere que la ventana térmica del amoníaco se encuentra entre 870°C y 1150°C. Recomienda trabajar por encima de 927 °C y utilizar catalizadores por debajo de 870°C.

Se puede comprobar que las temperaturas que se dan en las lanzas situadas en los puntos 4,5,6 son todas superiores a los 927°C, dentro del rango de temperaturas recomendado. Por lo que cabe esperar a caudales óptimos de inyección de solución amoniacal rendimientos bastante buenos.

Sin embargo, la lanza situada en el punto 1 si bien trabaja dentro de la ventana térmica, lo hace a una temperatura algo inferior a la óptima recomendada. Esto se tendrá en cuenta a la hora de realizar el análisis de rendimientos y eficiencias para buscar una posible explicación a este dato.

La lanza situada en el punto 2 trabaja una temperatura de 850°C. Esta temperatura es bastante inferior a lo aceptable y se desvía mucho del óptimo de funcionamiento en el caso del amoníaco.



Tras una investigación en campo se comprueba que la baja temperatura de la lanza 2 es debido a que en las inmediaciones de este punto se produce la descarga de crudo que posteriormente irá a parar al horno y por tanto, tiene una temperatura inferior a la que hay en la torre produciendo el enfriamiento de la zona. Sin embargo debido a la circulación que llevan los gases dentro de la torre no podemos afirmar que la reacción de abatimiento esté teniendo lugar justo en el punto en el que ha sido medida la temperatura.

El valor de la medida de la temperatura no permite definir con certeza si esta lanza funciona dentro de la ventana térmica o no, es por ello, que se hace necesario realizar un análisis del rendimiento de abatimiento y de la eficiencia de aprovechamiento de la misma y compararlo con el de las demás lanzas.

### 2.3.6. Mediciones de NOx en la torre de intercambio de gases.

Para evaluar la eficiencia y el rendimiento de cada una de las lanzas además de la medida realizada de la salida de gases por chimenea, tomaremos datos justo antes de la inyección de solución amoniacal al 25% de concentración en amoníaco (puede consultarse ficha técnica en anexo 11) para así poder comparar los valores. Esto permitirá responder a la causa determinada en el ACR como *“No se dispone de medida continua de NOx antes de la inyección de solución amoniacal”* y *“No hay método para verificar la eficiencia de aprovechamiento”*. En el caso de la primera causa, esta medida es únicamente deseada para conocer la eficiencia de aprovechamiento, no estableceremos un método de medida en continuo pero sí que se analizará el estado de la instalación.

Con estos datos de cantidad de NOx antes de la inyección y los tomados en chimenea, se puede evaluar cuánto del amoníaco que se inyecta al sistema reacciona y cuánto se pierde.

Las pruebas realizadas han seguido el procedimiento que se detalla en el anexo 8.

Una vez tomados los datos, se realizó un análisis de rendimiento y eficiencia del sistema analizando qué cantidad del amoníaco inyectado reacciona. Estos datos sirven para ser comparados entre ellos y buscar así el óptimo del amoníaco que debe de ser inyectado al sistema.

Para poder afirmar que una lanza funciona de forma óptima los valores obtenidos en la eficiencia deben de ser lo más elevados posible

Los valores de rendimiento dependen de la cantidad de solución amoniacal inyectada al sistema, de modo que se realizaron las medidas a dos caudales de inyección de disolución amoniacal distintos: 200 L/h y 300 L/h.

Los datos obtenidos de rendimiento y eficiencia son los que se reseñan en la Tabla 7.

Nº lanza	Denominación	Caudal 200 L/h		Caudal 300 L/h	
		Rendimiento	Eficiencia	Rendimiento	Eficiencia
1	3ª planta lado Gádor	49%	52%	52 %	45 %
2	3ª planta lado Almería	32%	37 %	47 %	39 %
3	3ª planta lado Parque	42 %	34 %	45 %	29 %
4	3ª planta lado Control	38 %	41%	48 %	38 %
5	2ª planta lado Parque	38 %	34 %	45 %	34 %
6	2ª planta lado Control	40 %	41 %	56 %	35 %

Tabla 7. Comparación eficiencias vs rendimiento. Solución amoniacal comercial.

Puede comprobarse en la Tabla 7 que los datos de rendimiento van ligados en cierta medida a los valores de eficiencia ya que, en este caso, estamos evaluando lanza a lanza y una buena eficiencia de abatimiento conllevará un buen rendimiento de la reacción.

Puede verse como se observan los mejores valores de rendimiento y eficiencia en ambos caudales para el caso de la lanza situada en la 3ª planta lado Gádor. Los peores valores sin embargo se sitúan en la lanza situada en la 3ª planta lado Parque generalmente, se observa como hay un valor del 32% de rendimiento para el caso de la lanza situada en la 3ª planta lado Almería.

A la vista de estos datos podemos afirmar que la lanza que otorga mejores resultados es la situada en la 3ª planta lado Gádor y la que otorga peores resultados es la situada en la 3ª planta lado parque.

Se observa que la lanza situada en la 2ª planta lado parque arroja unos valores muy similares a la lanza situada en la 3ª planta lado parque, ambas se encuentran situadas en el mismo lado de la torre en diferentes plantas.

En estos resultados también puede observarse como al aumentar el caudal de inyección de solución amoniacal el rendimiento de la reacción aumenta mientras que la eficiencia disminuye. Esto va en relación a lo expuesto anteriormente de que pueden conseguirse rendimientos de abatimiento cercanos a los de bibliografía a costa de valores de eficiencia de aprovechamiento de  $\text{NH}_3$  muy bajos.

Sería interesante cuantificar con cuanto caudal comienza a disminuir la eficiencia ya que, esto estudios han sido realizados para caudales de 200 L/h y 300 L/h, se aconseja realizar un estudio detallado de esto de cara a mejorar en el futuro.

#### **- Evaluación del rendimiento con solución amoniacal al 25%.**

La comparación de los valores de rendimientos globales de abatimiento con las temperaturas medias detectadas en cada lanza, se puede contrastar con los valores esperados encontrados en bibliografía y determinar así si el funcionamiento de las lanzas es correcto. Los valores de bibliografía como puede verse en la Tabla 2 y Gráfico 1.Reducción  $\text{NO}_x$  según temperatura ofrecen valores de rendimiento diferentes, Sin embargo, los rendimientos entre el 30-50% (Tabla 2) han sido determinados trabajando con eficiencias óptima y por el contrario las eficiencias superiores al 80% (Gráfico 1) han sido determinadas para casos de rendimiento óptimo. Este trabajo, se centrará en conseguir una eficiencia óptima y por tanto, los valores de rendimiento alcanzados se deberían encontrar entre un 30% y un 50%.

En el gráfico 1 se puede ver cómo aumenta el rendimiento del sistema global en el caso del amoníaco. Puede verse cómo la franja de temperatura para un funcionamiento óptimo del sistema es bastante estrecha, siendo esta la deseada para que cuando la totalidad de las lanzas funcione que el abatimiento sea de los valores esperados.

Nº Lanza	Denominación	200 L/h	300 L/h	Temperatura
1	3ª planta lado Gádor	49%	52 %	915°C
2	3ª planta lado Almería	32%	47 %	850°C
3	3ª planta lado Parque	42 %	45 %	960°C
4	3ª planta lado Control	38 %	48 %	973°C
5	2ª planta lado Parque	38 %	45 %	955°C
6	2ª planta lado Control	40 %	56 %	948°C

Tabla 8. Evaluación rendimiento vs temperatura. Solución amoniacal comercial.

Observando la Tabla 8, se observa que:

- La lanza nº 2, situada en la 3ª planta lado Almería, para un caudal de 200L/h ofrece rendimiento muy bajo que viene a coincidir con la baja temperatura de operación a la que se encuentra, provocando así que la reacción no se produzca correctamente.
- En general todos los rendimientos para caudales de 200L/h se encuentran dentro de los márgenes establecidos en bibliografía para eficiencias óptimas (entre un 35% y 50%).
- Si observamos los valores obtenidos para un caudal de 300 L/h estos son superiores y rondan el 50%, que es el mejor valor encontrado en bibliografía.
- Hay que tener en cuenta que en condiciones normales, el sistema opera con todas o varias de las lanzas de inyección funcionando simultáneamente, por lo que, se obtienen valores de rendimiento superiores.

- **Evaluación de la eficiencia con solución amoniacal al 25%.**

Nº Lanza	Denominación	200 L/h	300 L/h	Temperatura
1	3ª planta lado Gádor	52%	45 %	915°C
2	3ª planta lado Almería	37 %	39 %	850°C
3	3ª planta lado Parque	34 %	29 %	960°C
4	3ª planta lado Control	41%	38 %	973°C
5	2ª planta lado Parque	34 %	34 %	955°C
6	2ª planta lado Control	41 %	35 %	948°C

Tabla 9. Evaluación eficiencia vs temperatura. Solución amoniacal comercial

Para el caso de las eficiencias puede observarse en la Tabla 9 lo siguiente:

- La 3ª planta lado Gádor arroja los mejores resultados mientras que la 3ª planta lado parque arroja los peores.
- La mejor eficiencia no coincide con la mejor temperatura.
- La peor eficiencia no coincide con la peor temperatura.
- Se detectan eficiencias máximas del 52% significando esto que aproximadamente la mitad del amoníaco inyectado al sistema reacciona.

### 2.3.7. Evaluación de residuos provenientes de otras industrias como potenciales agentes reductores.

Se ha investigado la existencia de posibles proveedores que puedan suministrar soluciones residuales que aparecen como desecho de ciertos procesos y actúan como potenciales agentes reductores. De esta forma se da respuesta a la causa “No utilización de residuos alternativos” valorando de esta forma la posibilidad de utilizarlos.

Para determinar los proveedores y características de los residuos que pueden darnos se realiza un análisis de todas las industrias de la zona buscando soluciones que tengan características y comportamiento fluidodinámico similar a la disolución actual, encontrándose sólo una que puede proveernos una solución con características adecuadas para nuestro proceso, la cantidad anual de la que dispone esta empresa es de 40.000 toneladas. Se indica desde la fábrica de origen de esta solución que la composición es del 10% en  $\text{NH}_3$ .

Se asume que el 90% restante son sustancias con densidades y puntos de ebullición similares al agua y no serán difíciles de evaporar a la temperatura de trabajo.

Para la realización de estas pruebas se acuerda con la otra empresa un coste 0 de gestión del residuo, por tanto, Cemex no asume ningún coste derivado de la utilización del mismo., quedando las negociaciones pertinentes pospuestas hasta la finalización de este trabajo y comprobación de funcionamiento.

Las pruebas se realizarán de la misma forma en que se realizó para el caso de solución amoniacal al 25%. Utilizando los protocolos determinados para estos casos y conforme al procedimiento que aparece en las especificaciones técnicas.

### **- Adaptación de la metodología de cálculo de eficiencia de las soluciones reductoras**

Tras la toma de datos, se inició el análisis de la eficiencia del mismo modo en el que se había hecho para el caso de la solución al 25% pero en este caso considerando una concentración del 10%.

Al hacerse este cálculo utilizando los datos e composición de la disolución aportados en origen se detectó que todos los rendimientos eran superiores al 100%.

Esto podría deberse a la existencia de algún otro componente que tenga propiedades reductoras en la solución.

Para determinar si hay algún otro componente se realiza un análisis en laboratorio con un método basado en el análisis de nitrógeno (método interno de fábrica), concluyéndose que la composición real de la disolución era de un 7,5% en amoníaco y de un 14% en urea.

Tras conocer estos datos, se decidió adaptar la tabla de cálculo considerando así el nitrógeno aportado por el amoníaco y por la urea y de esta forma, se obtuvieron resultados que sí fueron razonables.

- **Rendimientos de abatimiento de NOx con el potencial agente reductor.**

Los cálculos de rendimiento de abatimiento se han realizado conforme a la misma metodología utilizada con la solución amoniacal al 25%.

Los valores de rendimiento obtenidos en este caso son:

Nº Lanza	Denominación	200 L/h	300 L/h	Temperatura
1	3ª planta lado Gádor	39%	37%	915°C
2	3ª planta lado Almería	36%	29%	850°C
3	3ª planta lado Parque	35%	<b>27%</b>	960°C
4	3ª planta lado Control	<b>33%</b>	37%	973°C
5	2ª planta lado Parque	<b>41%</b>	<b>43%</b>	955°C
6	2ª planta lado Control	39%	37%	948°C

Tabla 10. Evaluación rendimiento vs temperatura. Potencial agente reductor.

En la Tabla 10 se observa cómo los rendimientos en este caso son muy similares a los obtenidos en el caso de la solución comercial al 25% encontrándose dentro del entorno de valores aceptables. Sin embargo, se observa que cuando se aumenta el caudal los rendimientos no aumentan si no que en la mayoría de casos se mantienen constantes. Esto puede ser debido a que:

- La temperatura de reacción de ambas sustancias es ligeramente diferente, esto podría justificar que para temperaturas altas sí que aumenta el rendimiento.
- La solución utilizada en este caso es residual y por tanto, contiene muchas más sustancias además de las que suscitan interés para este proyecto. Es por ello que estas sustancias pueden dar lugar a una bajada de rendimiento al aumentar los caudales dado

que algunas de estas sustancias pueden cristalizar en la boquilla de la lanza al entrar en contacto con las elevadas temperaturas.

### - Evaluación resultados de eficiencia de un potencial agente reductor

Tras realizar la adaptación anteriormente indicada se hicieron los cálculos pertinentes obteniéndose los resultados que se indican en la Tabla 11:

Nº Lanza	Denominación	200 L/h	300 L/h	Temperatura
1	3ª planta lado Gádor	59%	41%	915°C
2	3ª planta lado Almería	71%	56%	850°C
3	3ª planta lado Parque	68%	31%	960°C
4	3ª planta lado Control	58%	54%	973°C
5	2ª planta lado Parque	62%	43%	955°C
6	2ª planta lado Control	40%	19%	948°C

Tabla 11. Evaluación eficiencia vs temperatura. Potencial agente reductor.

En cuanto a la eficiencia podemos comprobar como para caudales bajos las eficiencias son bastante buenas, en cuanto aumentamos el caudal ya no ocurre igual. Ocurre algo similar a lo que se observa al analizar el rendimiento de abatimiento y las causas pueden ser similares.

### - Comparación de soluciones reductoras.

Se realiza una comparación de rendimiento de abatimiento y eficiencia para la disolución que se utiliza actualmente y la que se propone utilizar en este trabajo. Dicha comparación se realiza inyectando 200 L/h de solución amoniacal que es el caudal medio utilizado en la actualidad en la planta.



A efectos de comparación, conviene utilizar los valores medios, los cuales son los siguientes:

	Rendimiento de abatimiento	Eficiencia de aprovechamiento
Solución comercial	40 %	40 %
Residuo reductor	35%	60%

Tabla 12. Comparación de soluciones amoniacaes.

En la Tabla 12 vemos como residuo reductor otorga un rendimiento de abatimiento ligeramente inferior al que se consigue utilizando solución comercial al 25%. Sin embargo, prestamos atención a la eficiencia vemos como la diferencia entre ambas soluciones se hace mayor, para el caso del residuo será del 60% mientras que para la solución comercial del 35%.

Resulta interesante comprobar como varía la eficiencia en cada una de las lanzas al realizar el cambio de solución ya que es el valor que sufre una variación mayor a la hora de realizar el cambio de solución. En el Gráfico 6 puede verse la comparación entre los valores en cada una de las lanzas.

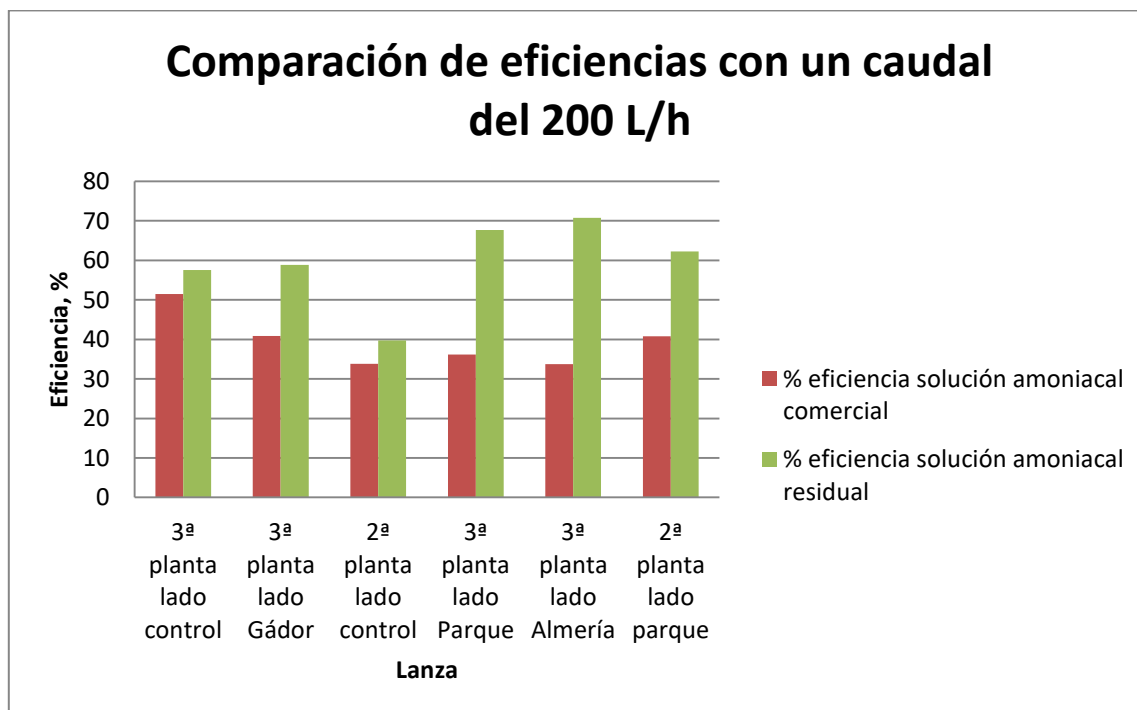


Gráfico 6. Comparación de eficiencias en cada lanza para diferentes soluciones reductoras.

Como puede comprobarse en el gráfico anterior la lanza situada en la 3ª planta lado control no presenta diferencia significativa entre inyectar una solución u otra, esto puede indicar que esta

lanza funciona en su estado óptimo. Sin embargo, hay otras lanzas en las que se hace evidente la diferencia entre una solución amoniacal u otra, esto puede ser debido a diversos factores como puede ser suciedad en las lanzas a la hora de la realización de la primera prueba, cambios en la cantidad de NOx iniciales o variaciones de los caminos preferenciales de los gases.

Por ello, considerando que estas medidas han sido tomadas en las mejores condiciones del sistema de abatimiento actual, estos valores podrán ser mejorados.

### 2.3.8. Influencia de parámetros sobre la reacción.

Con el fin de atender a la causa detectada como “*Falta de conocimiento del estado actual de la instalación*” una de las medidas a tomar es el análisis de que variables influyen sobre el proceso, por ello conviene estudiarlas de forma independiente.

#### - Temperatura

Se ha observado que la temperatura a la que se produce la inyección no es una variable indicativa del buen abatimiento ya que tenemos temperaturas muy similares en todas las lanzas y además se encuentran muy cerca unas de otras así que por la propia circulación de los gases la temperatura a la que se produce la reacción tras la inyección de cada lanza no tiene por qué variar. Por ello, podríamos definir que el sistema trabaja a una temperatura media entre todas las medidas.

#### - Concentración inicial NOx

La concentración inicial de NOx influye fuertemente en la eficiencia de abatimiento, esto es debido a una especie de efecto diana que se desencadena entre la solución amoniacal y los NOx. A mayor cantidad de NOx a la salida del horno tendremos mejores valores de eficiencia ya que el amoníaco inyectado tiene más posibilidades de reaccionar. Esto podría justificar que en ciertos casos varíen los valores de una lanza a otra. Este efecto podría ser debido a la cinética de la reacción de abatimiento (mayor probabilidad de contacto entre las moléculas).

## - Carga de polvo

La carga de polvo es un factor que está estrechamente ligado con los resultados experimentales que pueden ser obtenidos. El polvo absorbe el amoníaco no dejándolo reaccionar con los óxidos de nitrógeno que puedan encontrarse en el lugar de inyección.

La evidencia de que el polvo absorbe amoníaco se encuentra en que cuando el molino de crudo está en marcha las emisiones son muy bajas y esto es debido a que los gases de la chimenea pasan por el produciendo así una adsorción del amoníaco. Esto fue detallado en la memoria justificativa de este trabajo.

Es por esto, que debido a sentidos circulatorios que se crean en el interior de la torre en los que se dan caminos preferenciales a la hora de circulación del polvo o material crudo, podría justificarse el bajo rendimiento de algunas de las lanzas.

Esto podría justificar por qué la lanza situada en la 3º planta lado Gador consigue unos resultados mayores de abatimiento, la descarga de material crudo de esta etapa se realiza justo enfrente de este punto y por los sentidos circulatorios de los gases puede suponerse que no se crea una nube de polvo en sus inmediaciones.

Sin embargo, las lanzas tanto de la segunda planta como de la tercera situadas en el lado control y parque suelen tener bajos rendimientos que no se justifican por la temperatura de operación, esto puede ser debido a que el camino preferencial de los gases cargados de polvo dentro de la torre se realice en las inmediaciones de estas lanzas provocando así la absorción del amoníaco por el crudo y una baja eficiencia y rendimiento.

## - Mantenimiento instalación

Se procedió a desmontar una boquilla y se observó lo siguiente:



**Figura 10. Boquilla lanza sucia.**

La boquilla de la lanza de la Figura 10 se observa completamente sucia, no llega a estar completamente obstruida pero sí que se detectan gotas y por tanto puede afirmarse que la pulverización no es totalmente correcta. Puede verse en la siguiente imagen como se encontraba la boquilla antes de realizar las pruebas.



**Figura 11. Boquilla lanza limpia.**

Además, la instrumentación no se encuentra en buen estado lo cual no permite saber cuánto del caudal marcado desde control está siendo realmente inyectado ya que solo se dispone de las medidas del pórtilo de regulación de caudal no sabiéndose así cual es la presión de aire en las lanzas.. Esto podría justificar los bajos rendimientos y eficiencias encontrados en algunas lanzas sin aparente conexión con la temperatura.

#### - Señales de control

Este parámetro está estrechamente ligado con el mal estado de la instrumentación en campo, es una consecuencia del mismo. Sin datos de control no se puede saber realmente cuanto se está inyectando en cada lanza.

## **2.4. Actuaciones viables para la mejora de la eficiencia cumpliendo la legislación**

Según los datos recabados, las posibles actuaciones de mejora identificadas son:

### **2.4.1. Actuaciones sobre la instrumentación.**

Tras la revisión en campo, queda en evidencia la necesidad urgente de sustituir todos los elementos pertenecientes al armario de lanzas de inyección de solución amoniacal. Una vez realizada la sustitución de los equipos, quedarán solucionadas las causas identificadas en el ACR como: *“Medidores de presión y caudalímetros sol. amon. fuera de servicio”* y *“Falta de datos de control correcta pulverización”*.

Además tal y como se indicó en el apartado destinado al análisis de la instrumentación que se poseía en campo se determinó que ciertos elementos no eran lo suficientemente robustos ya que el amoníaco es una sustancia corrosiva y los elementos que hay instalados en el armario de lanzas de inyección de solución amoniacal no están diseñados para dicha solución.

Se detectó que la instrumentación perteneciente al pódico de regulación de caudal sí que funcionaba correctamente y tras una breve investigación se comprobó que la instrumentación perteneciente a esta parte de la instalación era mucho más robusta que la que se encuentra en el armario de lanzas, ya que, se trata de instrumentación de acero inoxidable y preparada para sustancias corrosivas.

Por ello, se recomienda que a la hora de pedir la nueva instrumentación ya definida en la Tabla 4 se tenga en cuenta que tanto caudalímetros como medidores de presión deben de ser de acero inoxidable y resistentes a la corrosión. Esto, nos permitiría hacer frente a la causa determinada en el ACR, *“Equipos de control pulverización no adecuados para solución amoniacal”*.

A la vista de los resultados obtenidos de eficiencia y rendimiento se decide comprobar las boquillas de las lanzas para ver si hay alguna diferencia. En las Figura 12 y Figura 13 puede verse lo observado.



Figura 12. Boquilla tipo 1.



Figura 13. Boquilla tipo 2.

Tras comprobar el despiece de la boquilla tipo 1 (Figura 12) se detecta que esta posee un buen sistema de pulverización pero dadas las condiciones de nuestro proceso quizás, se obstruye demasiado pronto.

Otras lanzas tienen una boquilla tipo 2 (Figura 13), se trata de un sistema mucho más robusto pero con peores resultados de pulverización.

Los operarios encargados del mantenimiento de la instalación indican que la boquilla tipo 1 suele ensuciarse más rápido que la boquilla tipo 2. Esto es debido a su mayor complejidad.

Teniendo en cuenta que interesa debido a la nueva legislación buenos valores de eficiencia interesará más colocar boquillas del tipo 1, aunque por esto sea necesario aumentar la frecuencia de limpieza.

Cabe añadir que la buena pulverización es uno de los factores fundamentales a la hora de analizar el sistema. Por ello, las lanzas con boquillas en mejor estado serán las que mejores rendimientos y eficiencias den.

## 2.4.2. Actuaciones recomendadas sobre la estrategia de regulación.

En cuanto a la estrategia de regulación, este es un sistema complejo y de difícil manipulado. Se recomendó crear una alarma que avise de la necesidad de limpieza de las lanzas cuando se detecte que aun inyectando un caudal superior a los 500 L/h de solución amoniacal la concentración en NO<sub>x</sub> no disminuyese de los 475 mg/Nm<sup>3</sup>. Esto evitaría seguir acumulando emisiones a lo largo del día, dado que conlleva a la penalización legal.

Se recomienda además utilizar más aquellas lanzas que poseen una mejor eficiencia como es el caso de la lanza situada en la 3ª planta lado Gádor.

Con esto, se espera conseguir los mayores resultados de abatimiento en cuanto a eficiencia y rendimiento ya que se conseguirán valores como mínimo del 52% que es el valor obtenido en la lanza que ha arrojado mejores resultados. Con esto, quedaría solucionado el factor identificado en el ACR como “Estrategia de control mejorable”.

## 2.5. Conclusiones.

En el aspecto económico se ha logrado reducir los costes de abatimiento de NO<sub>x</sub> mediante la utilización de una solución residual proveniente de una industria cercana. Una vez puestas a punto las mejoras indicadas se espera un consumo específico de 1.67 kg solución comercial/Tonelada de Clínker un valor inferior al deseado al inicio de este proyecto. El ahorro conseguido se estima en 74.854 €/año.

Se han propuesto las siguientes medidas para mejorar el rendimiento de abatimiento de los NO<sub>x</sub>:

- La lanza situada en la 3ª planta lado Gádor debe de ser la más utilizada a la hora de inyectar solución amoniacal al sistema.
- La instrumentación perteneciente al sistema de inyección debe de ser sustituida por elementos más robustos.
- En cuanto a la estrategia de regulación se aconseja crear una alarma para evitar pérdidas inefectivas de amoníaco.

En el aspecto medioambiental se ha conseguido el reemplazo de 40.000 Ton de la disolución amoniacal comercial que actualmente se utiliza por de soluciones amoniacaes residuales empresa contribuyendo así a la gestión medio ambiental.

En el aspecto de la seguridad e higiene en el trabajo se han elaborado los protocolos de medida de temperatura, medida de gases y mantenimiento del sistema de inyección que permitirán operar de un modo seguro garantizando la integridad del trabajador y asegurando la repetitividad de las acciones.

En este trabajo han sido propuestas soluciones para todas las causas que se definieron en el análisis de causa raíz. Con la puesta en marcha de las mejoras recomendadas se estima que la eficiencia del sistema puede llegar a aumentar a valores superiores al 52% que es el valor que ha sido detectado en la lanza con mejor eficiencia.

Se concluye que las soluciones reductoras residuales provenientes de otras industrias son una alternativa totalmente viable a las soluciones comerciales y además, arrojan resultados mejores a las comerciales.



# 3.

## FASES Y CRONOGRAMA.

# ÍNDICE

3.1. Fases de la realización del proyecto .....	48
3.2. Cronograma .....	49

### **3.1. Fases de la realización del proyecto**

#### **Fases preliminares de la realización del proyecto.**

- Visitas a campo para establecer contacto con el sistema.
- Revisión de documentación.
- Toma de información de los operarios que normalmente están en contacto con el sistema.
- Definición del análisis de causa raíz para poder basar en el desarrollo temporal del proyecto y definir puntos a tratar.
- Creación de inventario de equipos en campo y su codificación.
- Actualización del flowsheet de la instalación actual.
- Identificación de los equipos de medición en campo en mal estado, actualización e identificación en campo de los mismos.

#### **Detección de las variables más influyentes en el proceso de reducción de las emisiones.**

- Inspección visual en campo.
- Estudio de los datos existentes en la medida de lo posible debido al mal estado de la instalación y equipos de medida. Uso de gráficas de rendimiento vs inyección de solución amoniacal y temperatura.
- Estudio de los kg de NH<sub>3</sub> introducidos por cada tonelada de Clínker.
- Mediciones en campo de temperatura, oxígeno y NOx antes y después de la inyección.

#### **Análisis de la nueva tecnología disponible.**

- Nuevos equipos de inyección de solución amoniacal.
- Mejora de los equipos existentes.
- Cambio de solución amoniacal utilizando soluciones reductoras que se obtienen como subprocesos en otras industrias.

#### **Análisis de los datos obtenidos de las mediciones.**

- Evaluación rendimientos de las diferentes sustancias reductoras.
- Evaluación eficiencia de las diferentes sustancias reductoras.
- Evaluación de temperaturas de inyección.



Considerando 92 días a una media de 5 horas de media dedicadas por día se obtiene una dedicación total de 460 horas a este trabajo

4.

ESPECIFICACIONES  
TÉCNICAS,  
GENERALES Y  
ADMINISTRATIVAS

# ÍNDICE

4.1.	Procedimiento para realizar la toma de medidas de temperatura.....	51
4.2.	Procedimiento para realizar la toma de medidas de gases .....	51
4.3.	Procedimiento para el mantenimiento de lanza de inyección .....	52
4.4.	Especificaciones administrativas en materia de calidad del aire .....	52

#### **4.1. Procedimiento para realizar la toma de medidas de temperatura.**

Debido a las condiciones que hay en la torre, rondando los 1000°C y a la posibilidad de proyección de material caliente dichas mediciones se realizarán con unos equipos de protección individual adecuados y definidos para esta tarea.

Para evitar problemas relacionados con la seguridad y con el fin de establecer un protocolo que en caso de necesidad pueda ser puesto en marcha en la empresa se crean los llamados Standar Works (anexo 7), o instrucciones de trabajo estándar, de obligatorio cumplimiento dentro de la empresa. Será necesario crear uno definiendo el protocolo a seguir, los equipos de protección individual (EPIS) necesarios, las herramientas y materiales a utilizar, así como la localización de los lugares en los que se realizarán las mediciones y los peligros asociados a cada punto ya que debido a la morfología de la torre no se dan las mismas condiciones en todos los puntos de medida.

#### **4.2. Procedimiento para realizar la toma de medidas de gases.**

La toma de medida de gases es un proceso que debe de ser llevado a cabo de forma meticulosa tal y como se cuenta en el “Standar Work” (Anexo 8) para garantizar la seguridad. Además hay que tener en cuenta que los cañones deben de estar parados por motivos de seguridad y estos no podrán estar sin operar más de una hora continuada ya que en caso contrario pueden producirse pegaduras en las paredes de la torre.

Adicionalmente, hay que tener en cuenta que cada vez que se inyecte solución amoniacal en una lanza diferente o con un caudal diferente habrá que esperar un tiempo prudencial para garantizar que el abatimiento se está produciendo al máximo de lo que opere esa lanza.



### **4.3. Procedimiento para el mantenimiento de lanza de inyección.**

Para el mantenimiento de las lanzas de inyección de solución amoniacal ha sido determinado un procedimiento estándar de trabajo para asegurar la seguridad y salud de la operación. Además la utilización de ese procedimiento permite asegurar que la tarea se realiza de forma óptima garantizando un buen funcionamiento de la lanza después de esto. Puede consultarse en el anexo 9.

Se adjunta en el anexo 12 la ficha de seguridad del amoníaco para que sea tenida en cuenta a la hora de operar.

### **4.4. Especificaciones administrativas en materia de calidad del aire.**

Este trabajo ha sido realizado para adaptar los límites de emisiones a los que se encontrarán en la nueva Autorización Ambiental Integrada (AAI) de la Junta de Andalucía de la cual se prevé su entrada en vigor en noviembre del año 2018.

Actualmente, la normativa que hay en vigor es correspondiente al año 2007, (AAI/AL/012/07, 2007) que es el código de identificación de dicha AAI. Puede verse en la siguiente figura los valores que están vigentes en la actualidad:

PARÁMETROS		VLE <sup>(1)</sup>	UNIDAD	OBSERVACIONES
Partículas totales		30	mg/Nm <sup>3</sup>	Valores medios diarios
Óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> )		800	mg/Nm <sup>3</sup>	Valores medios diarios
Ácido clorhídrico (HCl)		10	mg/Nm <sup>3</sup>	Valores medios diarios
Ácido fluorhídrico (HF)		1	mg/Nm <sup>3</sup>	Valores medios diarios
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )		50 <sup>(2)</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>	Valores medios diarios
COT		10 <sup>(2)</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>	Valores medios diarios
Metales pesados	Hg	0,05	mg/Nm <sup>3</sup>	Valores medios medidos a lo largo de un periodo de muestreo de un mínimo de treinta minutos y un máximo de ocho horas
	Cd+Tl	0,05	mg/Nm <sup>3</sup>	Valores medios medidos a lo largo de un periodo de muestreo de un mínimo de treinta minutos y un máximo de ocho horas
	Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V	0,5	mg/Nm <sup>3</sup>	Valores medios medidos a lo largo de un periodo de muestreo de un mínimo de treinta minutos y un máximo de ocho horas
Dioxinas y Furanos		0,1	ng I-TEQ/ Nm <sup>3</sup>	Valores medios medidos a lo largo de un periodo de muestreo de un mínimo de seis horas y un máximo de ocho horas

<sup>(1)</sup> Los valores límite de emisión están referidos a condiciones normalizadas de temperatura (273 K) y de presión (101,3 kPa), en base seca y 10% de oxígeno.

<sup>(2)</sup> VLE de SO<sub>2</sub> y COT podrán ser objeto de las exenciones previstas en el apartado 1.4 del Anexo II del Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo, sobre incineración de residuos.

Tabla 14. Extracto AAI/AL/012/07

Los valores límites que se prevén en la nueva actualización de la AAI corresponden con los publicados en el BOE (Real decreto 815/2013, de 18 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de emisiones y desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación).

Dichos valores son fijados por el gobierno estatal y son las comunidades autónomas las que los aplican a cada una de las AAI según condiciones y en los plazos que estimen. En el caso de la fábrica de Gádor el valor indicado en dicho BOE será el que entre en vigor en 2018. Es por ello que es de suma importancia prepararse para la llegada de la nueva AAI. En la Tabla 15. Valores límites emisiones BOE pueden verse los límites que establece el BOE.

Contaminante	C
Partículas totales	30 mg/Nm <sup>3</sup>
HCl	10 mg/ Nm <sup>3</sup>
HF	1 mg/ Nm <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub>	500 mg/ Nm <sup>3</sup> ( <sup>1</sup> )
Cd + Tl	0,05 mg/ Nm <sup>3</sup>
Hg	0,05 mg/ Nm <sup>3</sup>
Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V	0,5 mg/ Nm <sup>3</sup>
Dioxinas y furanos	0,1 ng/ Nm <sup>3</sup>

(<sup>1</sup>) Hasta el 1 de enero de 2016, el órgano competente podrá autorizar exenciones respecto del valor límite de NO<sub>x</sub> para los hornos Lepol y los hornos rotatorios largos, siempre y cuando la autorización fije un valor límite de emisión total de NO<sub>x</sub> no superior a 800 mg/Nm<sup>3</sup>.

Tabla 15. Valores límites emisiones BOE

En nuestro caso dicha entrada en vigor se producirá a finales de 2018 debido al orden de aplicación de la ley de la Junta de Andalucía.

5.

MEDICIONES,  
PRESUPUESTO Y  
ANÁLISIS DE  
ESCENARIOS

# ÍNDICE

5.1	Mediciones y presupuesto .....	55
5.1	Análisis de escenarios y conclusiones.....	56

### 5.1. Mediciones y presupuesto.

Descripción	Ud.	€/Ud.	Precio (€)
Válvula esfera paso total $\Phi$ 1/2" seccionamiento electroválvulas	12	50	600
Electroválvulas cuerpo latón $\Phi$ 1/2" C/conector (circuito aire)	6	20	120
Restrictor de caudal de aire (6 racores entrada rectos $\Phi$ 1/8"-8)	6	20	120
Válvula reguladora Caudal Q=500L. DN15 PN-16 C/actuador 220V	6	1000	6000
Válvula bola actuador simple efecto $\Phi$ 1/2" C/final de carrera	6	20	120
Contadores FCMI -10DO8DYA4P-LI-UP8X-H1141	6	1800	10800
Sensor Final de carrera	6	50	300
Transmisor presión 0-1bar. Salida 4-20 Ma	6	200	1200
Presostatos escala 0-10 bar C/salida analógica y digital 4-20Mbar	1	200	200
Final de carrera en válvula ref. 4.02 llegada pórtico válvulas	1	50	50
Final de carrera en válvula ref. 4.05 llegada válvula reguladora de caudal	1	50	50
Final de carrera en válvula ref. 4.06 reguladora de caudal	1	50	50
<b>TOTAL PRESUPUESTO MATERAL</b>			<b>19610</b>

Tabla 16. Presupuesto material.

Trabajo	Horas	€/Hora	Nº operarios	Precio (€)
Mano de obra operario mecánico	80	30	2	4800
<b>TOTAL PRESUPUESTO MANO DE OBRA</b>				<b>4800</b>

Tabla 17. Presupuesto mano de obra.

El presupuesto estimado asciende a un coste de 24410€.

## 5.2. Análisis de escenarios y conclusiones

Para el análisis de los diferentes escenarios posibles se utilizará Excel, se ha realizado una tabla estándar para los diferentes escenarios y sobre ella se variarán las relaciones de consumo de cada sustancia y eficiencias. El uso de solución residual será considerado solo durante un 30% del año debido a la disponibilidad.

### ESCENARIO 1. USO DE SOLUCIÓN COMERCIAL 25% SIN CONSIDERAR NINGUNA MEJORA DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

Actualmente, los valores obtenidos son los que pueden verse en la Tabla 18

		Sólo solución amoniacal al 25%	
Producción de clínker	t/d	1800	1800
	t/h	75	75
Emisión NOx actual	mg NO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> al 10% O <sub>2</sub>	1200	1200
Emisión NOx objetivo	mg NO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> al 10% O <sub>2</sub>	470	470
Reducción de Nox requerida	mg NO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> al 10% O <sub>2</sub>	730	730
Rendimiento requerido	%	61%	61%
Caudal gases en precalentador	Nm <sup>3</sup> /h dry al 10% O <sub>2</sub>	86.000	86.000
Reducción de Nox requerida	kg NO <sub>2</sub> /h	62,78	62,78
	kmol NO <sub>2</sub> /h	1,36	1,36
	kmol NO / h	1,36	1,36
Que necesitamos inyectar, al 100% de eficiencia	kmol NH <sub>3</sub> / h	1,36	1,36
	kmol NH <sub>3</sub> / h	1,36	1,36
Eficiencia reacción	%	40%	40%
Que necesitamos inyectar, al % de eficiencia	kmol NH <sub>3</sub> / h	3,42	3,42
Relación consumo de cada solución	%	100%	0%
Qué vamos a inyectar con cada solución	kmol NH <sub>3</sub> / h	3,42	0,00
Contenido en amoníaco de la solución	%	25%	7,5%
Contenido en urea de la solución	%	0%	14%
Contenido en NH <sub>2</sub> de la solución	kmol NH <sub>2</sub> / kg disolución	0,0147	0,0091
Densidad solución	kg/l	0,91	0,99
Consumo de solución	kg solución / h	232	0
	l solución / h	255	0
	t / año	1079	0
Consumo específico solución	kg/t cli	3,10	0,00
Precio de solución	Euro / t	150,00	0,00
Coste específico de agente reductor	euro / t cli	0,46	
Producción clínker anual	t/y	348000	
Coste operación anual	euro / y	161.806	
Coste inversión	euro		
Ahorro 1er año	euro		

Tabla 18. Análisis económico. Escenario 1. Solución comercial sin mejoras en la instalación.

Se considera en este escenario actual una eficiencia de un 40% que es la media detectada en las puebas. Para estos datos el coste de operación anual es de 161.805€ con un consumo de 3.10 kg NH<sub>3</sub>/Ton clínker que está por encima del máximo deseado (2.3 kg NH<sub>3</sub>/Ton clínker).



## ESCENARIO 2. USO DE SOLUCIÓN COMERCIAL 25% Y SOLUCIÓN REDUCTORA SIN CONSIDERAR NINGUNA MEJORA DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

Únicamente con la mejora de la utilización de solución residual, el coste de operación puede verse reducido a:

		Solución amoniacal al 25% + Residuo industrial	
Producción de clínker	t/d	1800	1800
	t/h	75	75
Emisión NOx actual	mg NO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> al 10% O <sub>2</sub>	1200	1200
Emisión NOx objetivo	mg NO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> al 10% O <sub>2</sub>	470	470
Reducción de Nox requerida	mg NO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> al 10% O <sub>2</sub>	730	730
Rendimiento requerido	%	61%	61%
Caudal gases en precalentador	Nm <sup>3</sup> /h dry al 10% O <sub>2</sub>	86.000	86.000
Reducción de Nox requerida	kg NO <sub>2</sub> /h	62,78	62,78
	kmol NO <sub>2</sub> /h	1,36	1,36
	kmol NO / h	1,36	1,36
Que necesitamos inyectar, al 100% de eficiencia	kmol NH <sub>3</sub> / h	1,36	1,36
	kmol NH <sub>3</sub> / h	1,36	1,36
Eficiencia reacción	%	40%	60%
Que necesitamos inyectar, al % de eficiencia	kmol NH <sub>3</sub> / h	3,42	2,27
Relación consumo de cada solución	%	70%	30%
Qué vamos a inyectar con cada solución	kmol NH <sub>3</sub> / h	2,39	0,68
Contenido en amoníaco de la solución	%	25%	7,5%
Contenido en urea de la solución	%	0%	14%
Contenido en NH <sub>2</sub> de la solución	kmol NH <sub>2</sub> / kg disolución	0,0147	0,0091
Densidad solución	kg/l	0,91	0,99
Consumo de solución	kg solución / h	163	75
	l solución / h	179	76
	t / año	755	349
Consumo específico solución	kg/t cli	2,17	1,00
Precio de solución	Euro / t	150,00	0,00
Coste específico de agente reductor	euro / t cli	0,33	
Producción clínker anual	t/y	348000	
Coste operación anual	euro / y	113.264	
Coste inversión	euro		
Ahorro 1er año	euro		
Ahorro años sucesivos	euro		

Tabla 19. Análisis económico. Escenario 2: Solución comercial y solución residual sin mejoras en la instalación.

Se considera el uso de solución reductora residual únicamente durante el 30% del año ya que solo hay disponibles 40.000 Ton que se verían consumidas en esta fracción del año.

El coste de producción se verá reducido a 113.264 € y además el consumo específico de solución amoniacal comercial se verá reducido a 2,17 kg NH<sub>3</sub>/Ton clínker valor por debajo de los 2.3 kg NH<sub>3</sub>/Ton clínker deseados.

### ESCENARIO 3. USO DE SOLUCIÓN COMERCIAL 25% CONSIDERANDO MEJORA SOBRE SITUACIÓN ACTUAL.

En este escenario se considera que se han adquirido e instalado todos los componentes que se describen como mejoras en el presente documento. Consideraremos a efectos de cálculo una eficiencia del 52% ya que este es el valor obtenido en la lanza que mejor funcionaba, aun así, este valor es bastante conservador ya que tras las mejoras se esperan rendimientos mayores.

		Sólo solución amoniacal al 25%	
Producción de clínker	t/d	1800	1800
	t/h	75	75
Emisión NOx actual	mg NO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> al 10% O <sub>2</sub>	1200	1200
Emisión NOx objetivo	mg NO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> al 10% O <sub>2</sub>	470	470
Reducción de Nox requerida	mg NO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> al 10% O <sub>2</sub>	730	730
Rendimiento requerido	%	61%	61%
Caudal gases en precalentador	Nm <sup>3</sup> /h dry al 10% O <sub>2</sub>	86.000	86.000
Reducción de Nox requerida	kg NO <sub>2</sub> /h	62,78	62,78
	kmol NO <sub>2</sub> /h	1,36	1,36
	kmol NO / h	1,36	1,36
Que necesitamos inyectar, al 100% de eficiencia	kmol NH <sub>3</sub> / h	1,36	1,36
	kmol NH <sub>3</sub> / h	1,36	1,36
Eficiencia reacción	%	52%	60%
Que necesitamos inyectar, al % de eficiencia	kmol NH <sub>3</sub> / h	2,62	2,27
Relación consumo de cada solución	%	100%	0%
Qué vamos a inyectar con cada solución	kmol NH <sub>3</sub> / h	2,62	0,00
Contenido en amoníaco de la solución	%	25%	7,5%
Contenido en urea de la solución	%	0%	14%
Contenido en NH <sub>2</sub> de la solución	kmol NH <sub>2</sub> / kg disolución	0,0147	0,0091
Densidad solución	kg/l	0,91	0,99
Consumo de solución	kg solución / h	178	0
	l solución / h	196	0
	t / año	828	0
Consumo específico solución	kg/t cli	2,38	0,00
Precio de solución	Euro / t	150,00	0,00
Coste específico de agente reductor	euro / t cli	0,36	
Producción clínker anual	t/y	348000	
Coste operación anual	euro / y	124.216	
Coste inversión	euro	24.410	
Ahorro 1er año	euro	13.180	
Ahorro años sucesivos	euro	37.590	

Tabla 20. Análisis económico. Escenario 3: Solo solución comercial con mejoras en la instalación.

En este caso, podemos ver cómo aunque el primer año el ahorro que se genera va destinado parcialmente al proyecto, la rentabilidad aumenta considerablemente. Se considera que en el primer año se produciría un ahorro de 13.180 € frente al precio de operación inicial y que en años sucesivos el ahorro sería de 37.579 € anuales.

El coste de operación anual pasaría a ser de 161.805€ a 124.216€.

#### ESCENARIO 4. USO DE SOLUCIÓN COMERCIAL 25% Y SOLUCIÓN REDUCTORA COSIDERANDO MEJORA DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

Si además de realizarse las mejoras ya mencionadas se utiliza la solución residual proveniente de otras industrias el escenario sería el que se describe a continuación. Se considerará un 60% de eficiencia de la solución residual ya que es la media del obtenido en las pruebas aunque se reconoce que este debería de aumentar al igual que el de la solución amoniacal tras la realización de las mejoras.

		Solución amoniacal al 25% + Residuo industrial	
Producción de clínker	t/d	1800	1800
	t/h	75	75
Emisión NOx actual	mg NO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> al 10% O <sub>2</sub>	1200	1200
Emisión NOx objetivo	mg NO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> al 10% O <sub>2</sub>	470	470
Reducción de Nox requerida	mg NO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> al 10% O <sub>2</sub>	730	730
Rendimiento requerido	%	61%	61%
Caudal gases en precalentador	Nm <sup>3</sup> /h dry al 10% O <sub>2</sub>	86.000	86.000
Reducción de Nox requerida	kg NO <sub>2</sub> /h	62,78	62,78
Reducción de Nox requerida Que necesitamos inyectar, al 100% de eficiencia	kmol NO <sub>2</sub> /h	1,36	1,36
	kmol NO / h	1,36	1,36
Que necesitamos inyectar, al 100% de eficiencia	kmol NH <sub>3</sub> / h	1,36	1,36
	kmol NH <sub>3</sub> / h	1,36	1,36
Que necesitamos inyectar, al 100% de eficiencia	kmol NH <sub>3</sub> / h	1,36	1,36
Eficiencia reacción	%	52%	60%
Que necesitamos inyectar, al % de eficiencia	kmol NH <sub>3</sub> / h	2,62	2,27
Relación consumo de cada solución	%	70%	30%
Qué vamos a inyectar con cada solución	kmol NH <sub>3</sub> / h	1,84	0,68
Contenido en amoníaco de la solución	%	25%	7,5%
Contenido en urea de la solución	%	0%	14%
Contenido en NH <sub>2</sub> de la solución	kmol NH <sub>2</sub> / kg disolución	0,0147	0,0091
Densidad solución	kg/l	0,91	0,99
Consumo de solución	kg solución / h	125	75
Consumo de solución	l solución / h	137	76
Consumo específico solución	t / año	580	349
Consumo específico solución	kg/t cli	1,67	1,00
Precio de solución	Euro / t	150,00	0,00
Coste específico de agente reductor	euro / t cli	0,25	
Producción clínker anual	t/y	348000	
Coste operación anual	euro / y	86.951	
Coste inversión	euro	24.411	
Ahorro 1er año	euro	50.444	
Ahorro años sucesivos	euro	74.855	

Tabla 21. Análisis económico. Escenario 4: Solución comercial y residual con mejoras en la instalación

Como puede comprobarse, este escenario es el más favorable posible, el coste de operación anual pasaría a ser de tan solo 86.951€ frente a los 161.805€ definidos sin la realización de ninguna innovación sobre el sistema.

Puede concluirse en cuanto a la evaluación económica lo siguiente:

- Se define el mejor escenario posible el de realizar las mejoras ya definidas en el proyecto y utilizar solución residual.
- La puesta en marcha de las mejoras indicadas en el presente trabajo no supone una inversión fuerte de capital y, con la realización de las mismas se prevé un aumento en la eficiencia que no sólo permite que la inversión en equipos se realice con el dinero del propio ahorro si no que estima un ahorro anual elevado.
- La utilización de soluciones residuales es totalmente aconsejable y permite un ahorro de costes.
- Todos estos cálculos han sido realizados suponiendo que la solución residual sea recibida a coste 0€ en fábrica. Tras negociaciones iniciales, se prevé que la empresa que genera el residuo deba pagar una cantidad determinada a Cemex dando esto lugar a un mayor ahorro.

6.

# CÁLCULOS

# ÍNDICE

6.1	Procedimiento de cálculo para unificar unidades.....	64
6.1.1.	Paso de PPM a mg/Nm <sup>3</sup> al 10% de O <sub>2</sub> de las medidas tomadas con el equipo portátil... .....	64
6.1.2.	Adecuación de los datos por chimenea a base seca y oxígeno al 10% .....	65
6.1.3.	Cálculo del caudal de gases en la teja .....	65
6.2.	Cálculo de rendimiento .....	66
6.2.1.	Cálculo de rendimiento para solución comercial .....	66
6.2.2.	Cálculo de rendimiento para solución reductora residual .....	68
6.3.	Cálculo de eficiencia .....	69
6.3.1.	Cálculo de eficiencia para solución comercial .....	69
6.3.2.	Cálculo de eficiencia para solución residual .....	71



## 6.1. Procedimiento de cálculo para unificar unidades.

### 6.1.1. Paso de PPM a mg/Nm<sup>3</sup> al 10% de O<sub>2</sub> de las medidas tomadas con el equipo portátil.

Debido a que las medidas se obtienen en ppm del equipo de medida, se hizo necesario hacer la conversión pertinente hasta tener mg/Nm<sup>3</sup> al 10% de O<sub>2</sub> ya que las medidas del analizador de chimenea con el que compararemos los resultados se encuentran en esa unidad. Los valores del equipo están dados en base seca. Únicamente será utilizado el valor de NO a efectos de cálculo ya que los valores de NO<sub>2</sub> como puede comprobarse en el anexo 10 son muy bajos en comparación.

Para realizar esta conversión será necesario contar con los siguientes valores:

- % de O<sub>2</sub>
- PPM de NO
- % de humedad

Conocidos estos datos la conversión se realiza como sigue:

$$NOx \left( \frac{\text{mg}}{\text{Nm}^3} \text{ seco @10\% O}_2 \right) = NO \cdot C_2 \cdot \left( \frac{1}{1 - \frac{\% h}{100}} \right) \cdot \left( \frac{21 - 10}{21 - \% O_2} \right)$$

Ecuación 1. Adecuación datos.

Dónde:

- NO son las ppm de óxido de nitrógeno y dióxido de nitrógeno respectivamente detectadas por el analizador.
- La constante C<sub>2</sub>=2,05 y se trata del paso de ppm de NO a mg/Nm<sup>3</sup> de NO<sub>2</sub>\*.

$$\begin{aligned} 1 \text{ ppm} &= \frac{1 \text{ mol NO}}{1000000 \text{ mol gas}} \cdot \frac{1 \text{ mol gas}}{22,4 \text{ L}} \cdot \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3 \text{ N}} \cdot \frac{30 \text{ g}}{1 \text{ mol}} \cdot \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} \cdot \frac{46 \text{ g NO}_2}{30 \text{ g NO}} \\ &= 2.05 \frac{\text{mg NO}_2}{\text{Nm}^3} \end{aligned}$$

Ecuación 2. Paso de PPM a mg/Nm<sup>3</sup>

\*El paso se hará con los valores del NO<sub>2</sub> ya que tomamos este como valor de referencia y lo consideramos todo NO<sub>2</sub>.

- El %  $O_2$  se refiere al porcentaje de oxígeno detectado por el equipo en el momento de la medición.

Es de gran importancia aparte de comprender a que se refiere cada uno de los datos de la ecuación entender que se realiza en cada parte de la misma.

- En el primer término de la ecuación encontramos lo siguiente:

$$NO \cdot C_2$$

Ecuación 3. Cambio unidades NO

En este término lo que realizamos es el paso de PPM a mg/Nm<sup>3</sup> en base NO y la conversión a NO<sub>2</sub>.

- En el segundo término lo que se hace es referir el % de O<sub>2</sub> al 10% que es el valor que se establece como base en estos tipos de análisis.

$$\text{referenciado al 10\% } (O_2) = \left( \frac{21 - 10}{21 - \% O_2} \right)$$

Ecuación 4. Referenciado al 10% O<sub>2</sub>

### 6.1.2. Adecuación de los datos por chimenea a base seca y oxígeno al 10%.

En este caso se realiza de forma análoga al anterior añadiendo a la ecuación el termino pertinente para referenciar los gases a base seca y eliminando el término que hace referencia al paso de PPM a mg/Nm<sup>3</sup>. Puede verse en la Ecuación 5.

$$NO_x \left( \frac{mg}{Nm^3} \text{ seco @10\% } O_2 \right) = \left( NO \left( \frac{mg}{Nm^3} \right) \cdot \frac{46 \frac{g NO_2}{mol NO_2}}{30 \frac{g NO}{mol NO}} \right) \cdot \left( \frac{1}{1 - \frac{\% h}{100}} \right) \cdot \left( \frac{21 - 10}{21 - \% O_2} \right)$$

Ecuación 5. Cambio de unidades NO<sub>x</sub> chimenea.

### 6.1.3. Cálculo del caudal de gases en la teja.

Los valores de caudal de gases que se obtienen en chimenea deben de ser referenciados al lugar donde se realizan las mediciones para realizar así una determinación de la eficiencia correcta.

Esto se hace conforme a ecuaciones empíricas basadas en la combustión determinadas como sigue:

$$G = M_{cli} \cdot \left[ 0.28 \frac{Nm^3}{kg_{cli}} + 0.28 \frac{Nm^3}{MJ} \cdot q + \left( 0.27 \frac{Nm^3}{kg_{cli}} + 0.25 \frac{Nm^3}{MJ} \cdot q \right) \cdot \frac{O_{2,dry} \%}{21\% - O_{2,dry} \%} \right]$$

Ecuación 6. Cálculo caudal de gases teja.

Dónde:

- $M_{cli}$ , Caudal másico de Clínker producido en T/h.
- $q$ , Consumo calorífico en MJ
- $O_{2,dry}$ , Oxígeno medido en base seca.

Todos estos datos pueden obtenerse del sistema de toma de datos de fábrica.

Tras la aplicación de esta fórmula, será necesario referenciar los datos al 10% de  $O_2$ , base seca y referenciar la temperatura. Esto se realiza mediante la Ecuación 7.

$$Q (base\ seca, 10\% O_2) = \left( \frac{1}{1 - \frac{\% h}{100}} \right) \cdot \left( \frac{21 - 10}{21 - \% O_2} \right) \cdot \left( \frac{273}{273 + T} \right)$$

Ecuación 7. Cambio referencia caudal.

Una vez obtenidos estos datos puede calcularse el rendimiento y eficiencia de nuestro sistema de abatimiento de NOx.

## 6.2. Cálculo de rendimiento.

### 6.2.1. Cálculo de rendimiento para solución comercial.

Con todos los datos ya en la misma unidad, descargando los datos del analizador de chimenea del sistema de toma de datos ya tenemos los datos pertinentes para poder así analizar el rendimiento de nuestro sistema. Para ello ha sido realizada una tabla en Excel como sigue:

<b>Antes inyección sol. Amoniacal</b>	O <sub>2</sub> (%)	4,7	
	O <sub>2</sub> (%)	4,7	(1)
	NO (mg/Nm <sup>3</sup> )	1090	
	HUMEDAD (%), %h	0,00	
	NOx (ppm)	1508	(2)
<b>CHIMENEA</b>	O <sub>2</sub> (%)	9,20	
	O <sub>2</sub> base seca (%)	10,5	(3)
	NO (mg/Nm <sup>3</sup> )	504	
	HUMEDAD (%), %h	12,58	
	NOx (mg/Nm <sup>3</sup> )	928	(4)
<b>Rendimiento abatimiento NOx</b>		<b>38%</b>	(5)

Tabla 22. Ejemplo calculo rendimiento.

Estos valores son correspondientes a una de las mediciones realizadas. En el anexo 10 puede consultarse la totalidad del análisis.

En amarillo podemos verlos valores que han sido introducidos al Excel provenientes o bien de los valores del equipo portátil de medida o bien del analizador en chimenea.

(1) – Paso de la fila de %O<sub>2</sub> a %O<sub>2</sub> base seca según:

$$\%O_2 B_S = \%O_2 B_H \cdot \frac{1}{1 - \frac{\%h}{100}}$$

Ecuación 8. Paso de O2 base húmeda a O2 base seca.

En este caso los valores húmedo y seco son iguales ya que no hay humedad.

(2) - Conversión de NO en ppm a NO en mg/Nm<sup>3</sup> según la ecuación 1.

(3) – Conversión del oxígeno medido en chimenea en base húmeda a base seca, se realiza de forma análoga al valor (1).

(4) – NOx en chimenea. Se realiza la adecuación de las unidades conforme a la Ecuación 1.

(5) – Una vez obtenido el NOx antes de la inyección y el NOx después de la inyección podemos proceder a utilizar la ecuación que sigue:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\frac{\text{mg}}{\text{Nm}^3\text{NO}_x} \text{ antes inyección} - \frac{\text{mg}}{\text{Nm}^3\text{NO}_x} \text{ chimenea}}{\frac{\text{mg}}{\text{Nm}^3\text{NO}_x} \text{ chimenea}} \cdot 100$$

Ecuación 9. Cálculo de rendimiento.

Dónde:

$\frac{\text{mg}}{\text{Nm}^3\text{NO}_x}$  *antes inyección* son los NOx que hay a la entrada del horno, antes del abatimiento.

$\frac{\text{mg}}{\text{Nm}^3\text{NO}_x}$  *chimenea* son los NOx que hay a la salida de la torre en la chimenea y corresponden con los valores después del abatimiento.

En la ecuación lo que se realiza es un cálculo de rendimiento cuantificando en el numerador la cantidad de NOx que han sido abatidos y en el denominador los NOx antes que de la inyección.

### 6.2.2. Cálculo de rendimiento para solución reductora residual

El proceso de cálculo en este caso es totalmente análogo al caso de la solución amoniacal al 25% ya que en el mismo no influyen las concentraciones.

### 6.3. Cálculo de eficiencia.

#### 6.3.1. Cálculo eficiencia solución para comercial.

Dicho cálculo ha sido realizado como puede observarse en la tabla siguiente:

Ecuación	Caudal de gases chimenea	m <sup>3</sup> /h bh O <sub>2</sub> chim	441.334
	Caudal de gases chimenea	Nm <sup>3</sup> dry @ 10% O <sub>2</sub>	300.026
	Caudal de solución reductora, Q	l/h	200
	Densidad solución reductora, ρ	kg/l @ 20°C	0,910
	Concentración amoníaco, C <sub>a</sub>	%	25%
(1)	Caudal masico de amoníaco, M <sub>a</sub>	kg/h	45,5
(2)	kmol NH <sub>3</sub>	kmol NH <sub>3</sub> /h	2,68
(3)	kmol N - NH <sub>3</sub>	kmol N/h	2,68
(4)	Caudal de gases en intercambiador, G <sub>1</sub>	Nm <sup>3</sup> /h dry @ 10% O <sub>2</sub>	86.647
(5)	Emisión de NO <sub>x</sub> a la entrada del horno, E <sub>e</sub>	mg NO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> @ 10% O <sub>2</sub>	1508
(6)	Emisión de NO <sub>x</sub> a la salida de la torre, E <sub>s</sub>	mg NO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> @ 10% O <sub>2</sub>	928
(7)	Reducción, R	kg NO <sub>2</sub> /h	50,2
(8)	Reducción, R	kmol NO <sub>2</sub> /h	1,09
(9)	kmol N - Nox descomposición	kmol N/h	1,09
(10)	<b>% eficiencia N/N, %E</b>		<b>40,8 %</b>

Tabla 23. Cálculo de eficiencia solución comercial.

Veamos ahora a que corresponde cada uno de los valores indicados en la tabla:

- (1) – **Caudal másico de amoníaco, M<sub>a</sub>**. Para este valor se realiza un cálculo como sigue en la Ecuación 10:

$$M_a \left( \frac{kg}{h} \right) = Q \left( \frac{L}{h} \right) \cdot \rho \left( \frac{kg}{l} \right) \cdot C_a(\%)$$

Ecuación 10. Cálculo caudal másico amoníaco

- (2) – **kmol NH<sub>3</sub>**, en este término se realiza un cambio de unidades del caudal másico para tenerlo en kmol/h.

$$M_a \left( \frac{\text{kmol NH}_3}{\text{h}} \right) = \frac{M_a \left( \frac{\text{kg NH}_3}{\text{h}} \right)}{17 \left( \frac{\text{kg NH}_3}{\text{kmol NH}_3} \right)}$$

Ecuación 11. Cambio de unidades caudal másico amoníaco.

- (3) – **kmol N-NH<sub>3</sub>** Se determina estequiométricamente en este término cuanto nitrógeno hay en un mol de amoníaco. La proporción es 1:1 y por tanto el valor coincide con el (2).
- (4) – **Caudal de gases en chimenea, G<sub>i</sub>**, este valor se toma directamente de los sistemas de control de fábrica y se adecuan sus unidades según la Ecuación 6.
- (5) – **E<sub>e</sub>**, Emisión NO<sub>x</sub> a la entrada del horno,
- (6) – **E<sub>s</sub>**, Emisión NO<sub>x</sub> en la chimenea.
- (7) – **Reducción, R**, este valor se obtiene de calcular la cantidad de NO<sub>x</sub> abatida en las unidades correctas.

$$R \left( \text{kg} \frac{\text{NO}_2}{\text{h}} \right) = \frac{\left( E_e \left( \frac{\text{mg NO}_x}{\text{Nm}^3} \right) - E_s \left( \frac{\text{mg NO}_x}{\text{Nm}^3} \right) \right) \cdot G_i \left( \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}} \right)}{\frac{1000000 \text{ mg}}{1 \text{ kg}}}$$

Ecuación 12. Cálculo cantidad NO<sub>x</sub> reducida

- (8) - **Reducción en kmol NO<sub>x</sub>/h**, se trata de hacer un cambio de unidades sobre el valor obtenido en (7).

$$R \left( \text{kmol} \frac{\text{NO}_2}{\text{h}} \right) = \frac{R \left( \text{kg} \frac{\text{NO}_2}{\text{h}} \right)}{46 \left( \frac{\text{kg NO}_2}{\text{kmol NO}_2} \right)}$$

Ecuación 13. Cambio de unidades cantidad NO<sub>x</sub> reducida

- (9) – **Kmol N descomposición**. Al igual que el valor (6) lo que se hace es cuantificar cuanto nitrógeno hay por cada mol de NO, se da el caso de que la proporción vuelve a ser 1:1 manteniéndose por tanto el valor calculado.
- (10) – **% eficiencia**, En este punto se calcula la eficiencia.

$$\%E = \frac{\text{kmol N/h abatidos}}{\text{kmol N/h sustancia reductora}}$$

Ecuación 14. Cálculo de eficiencia.

### 6.3.2. Cálculo de eficiencia para solución residual.

Cuando se calcula la eficiencia teniendo en cuenta la información suministrada por la empresa abastecedora de la disolución los resultados son los que se indican en la siguiente tabla:

Ecuación	Caudal de gases	$\text{m}^3/\text{h bh O}_2$ chim	441.334
	Caudal de gases	$\text{Nm}^3$ dry @ 10% $\text{O}_2$	300.026
	Caudal de solución reductora, $Q$	l/h	200
	Densidad solución reductora, $\rho$	kg/l @ 20°C	0,910
	Concentración amoníaco, $C_a$	%	8%
(1)	Caudal masico de amoníaco, $M_a$	kg/h	13,65
(2)	kmol $\text{NH}_3$	kmol $\text{NH}_3/\text{h}$	0,80
(3)	kmol N - $\text{NH}_3$	kmol N/h	0,80
	Concentración urea, $C_u$	%	14%
(a)	Caudal masico de urea, $M_u$	kg/h	25,48
(b)	kmol $\text{NH}_2$	kmol $\text{NH}_2/\text{h}$	0,42
(c)	kmol N - $\text{NH}_2$	kmol N/h	0,85
(d)	Total kmol N	kmol N/h	1,65
(4)	Caudal de gases en intercambiador, $G_i$	$\text{Nm}^3/\text{h dry @}$ 10% $\text{O}_2$	82.351
(5)	Emisión de $\text{NO}_x$ a la entrada del horno, $E_e$	mg $\text{NO}_2/\text{Nm}^3 @$ 10% $\text{O}_2$	1396
(6)	Emisión de $\text{NO}_x$ a la salida de la torre, $E_s$	mg $\text{NO}_2/\text{Nm}^3 @$ 10% $\text{O}_2$	853
(7)	Reducción, $R$	kg $\text{NO}_2/\text{h}$	44,7
(8)		kmol $\text{NO}_2/\text{h}$	0,97
(9)	kmol N - Nox descomposición	kmol N/h	0,97
(10)	<b>% eficiencia N/N, %E</b>		<b>58,9%</b>

Tabla 24. Cálculo de eficiencia solución residual.

Cálculo de la eficiencia teniendo en cuenta los resultados de la composición en N obtenida por análisis en planta: Los valores del (1) al (10) que se observan en la Tabla 24 son obtenidos de forma análoga a la que se realiza en el caso de la solución comercial.



(a) – **Caudal másico de urea,  $M_u$** . Para este valor se realiza el producto

$$M_u \left( \frac{kg}{h} \right) = Q \left( \frac{L}{h} \right) \cdot \rho \left( \frac{kg}{l} \right) \cdot C_u(\%)$$

**Ecuación 15. Cálculo caudal másico urea.**

(b) – **kmol  $NH_2$** , en este término se calculan los kmol de Urea por hora. Para ello se pasan los kg/h a kmol/h. Este cambio se realiza dividiendo el caudal másico entre el peso molecular de la urea,  $60 \frac{kg NH_3}{kmol NH_3}$ .

$$M_u \left( \frac{kmol NH_3}{h} \right) = \frac{M_u \left( \frac{kg NH_3}{h} \right)}{60 \left( \frac{kg NH_3}{kmol NH_3} \right)}$$

**Ecuación 16. Cambio de unidades caudal másico urea.**

(c) – **kmol N -  $NH_2$** , se determina estequiométricamente en este término cuanto nitrógeno hay en un mol de urea. La proporción es 2:1 y por tanto se multiplica por 2 el valor (b).

(d) – **Total kmol N**, en este lugar se suman los moles de nitrógeno que provienen del amoníaco y los que provienen de la urea para así poder calcular el nitrógeno total.

7.

# BIBLIOGRAFÍA

## **Bibliografía**

- Cemex. (2005). Technical assessment of a NOx reduction facility.
- Fernandez Diez, P. (2009). *Biblioteca sobre ingeniería eléctrica*. Obtenido de <http://es.pfernandezdiez.es/?pageID=22>
- Gador, C. (2018). Conocimiento del sistema de reducción de óxidos de nitrógeno.
- García Muro-Crivillés, E. (2005). Puesta en marcha de un sistema de reducción SNCR en la fábrica de cementos de Gádor. Almería.
- García Muro-Crivillés, E. (2011). Adecuación del sistema de reducción de Óxidos de nitrógeno para operar con amoníaco de la fábrica de cementos de Gador. Madrid.
- Gobierno de España. (10 de Julio de 2018). *Calidad y evaluación ambiental*. Obtenido de [http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/act-emis/grandes\\_instalaciones\\_combustion.aspx](http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/act-emis/grandes_instalaciones_combustion.aspx)
- Inerco. (2018). *Inerco*. Obtenido de <https://www.inerco.com/es/inerco-corporacion/tecnologia/control-de-emisiones/medidas-primarias-de-reduccion-de-nox/quemadores>
- Lopez Corrales, Z. (2008). *Métodos para el control de la contaminación atmosférica por óxidos de nitrógeno (NOx)*. Mexico, Mexico: Universidad de sonora.
- Miljö, P. (2011). NOx lower than 200 mg/Nm<sup>3</sup>? *International Cement Review*.
- Mussatti, D. (2000). Controles NOx. U.S. Environmental Protection Agency.
- Ovalles Acosta, J., Gisbert Soler, V., & Pérez Molina, A. (2017). Herramientas para el análisis de causa raíz (ACR). *Empresa: investigación y pensamiento crítico, Edición Especial*, 1-9.
- Prieto Fernandez, I. (2006). *Universidad de Oviedo*. Obtenido de [http://ocw.uniovi.es/pluginfile.php/1015/mod\\_resource/content/1/1C\\_C12757\\_0910/04\\_GT17\\_Reducccion\\_de\\_NOX\\_en\\_humos.pdf](http://ocw.uniovi.es/pluginfile.php/1015/mod_resource/content/1/1C_C12757_0910/04_GT17_Reducccion_de_NOX_en_humos.pdf) [Accessed 2 Sep. 2018]
- Silva Castro, I. (2008). *Esquema SNCR*. Obtenido de <http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno10/mitigacion/NOx.html>

Von der Heide, B. (2008). Best available technology for NO<sub>x</sub> Reduction in Waste to Energy plants. Milan.

Weiyi Fan, T. Z., & Yifei Sun, D. L. (2014). Effects of gas compositions on NO<sub>x</sub> reduction by selective non-catalytic reduction with ammonia in a simulated cement precalciner atmosphere. *Chemosphere*, 182-187.

Zandaryaa, S., Gavasci, R., Lombardi, F., & Fiore, A. (2001). Nitrogen oxides from waste incineration: control by selective non-catalytic reduction. *Chemosphere*, 491-497.

Real Decreto 815/2013, de 18 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación. pp. 85239.

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2013-10949>

Resolución AAI/AL/012/17, de 22 de agosto de 2007, por la que se otorga la autorización ambiental integrada con el nº AAI/AL/012/07, a la empresa Holcim(España), S.A. para el ejercicio de la actividad de la fábrica de cementos de Gádor (Almería).

8.

# PLANOS

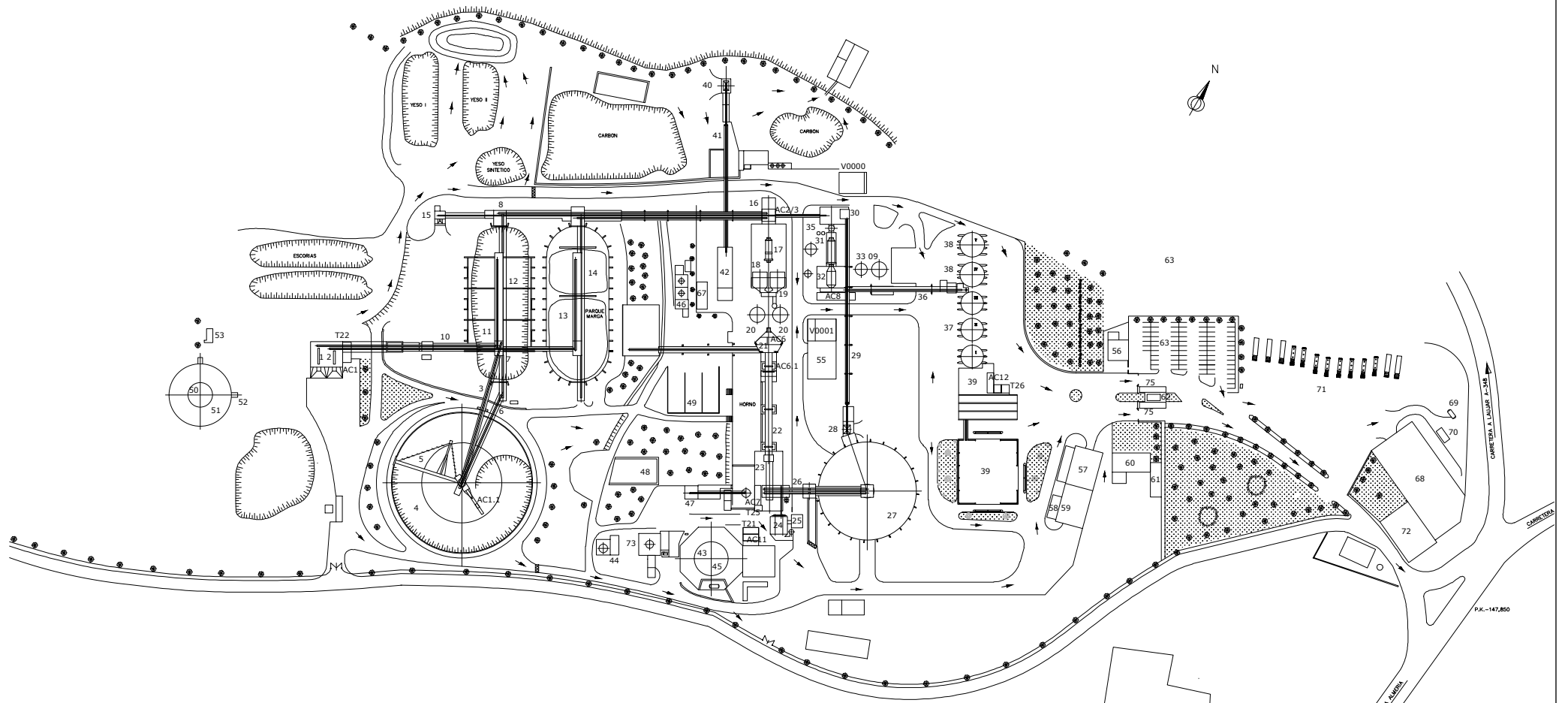
# ÍNDICE

Plano 1: Plano general de fábrica.

Plano 2: Distribución puntos toma temperaturas.

Plano 3: Flowsheet anterior a la realización del trabajo.

Plano 4: Flowsheet actual.



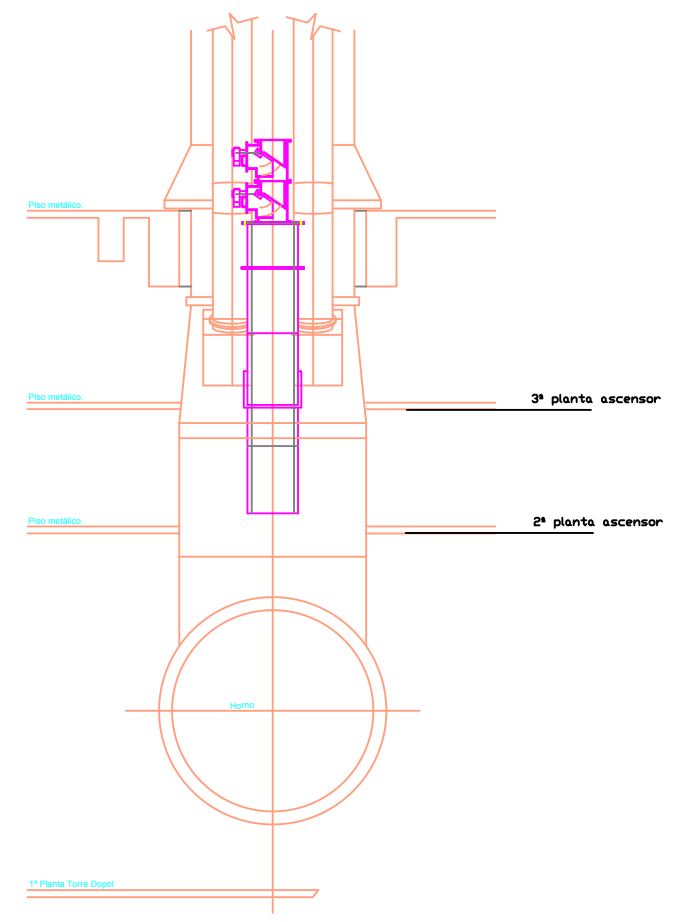
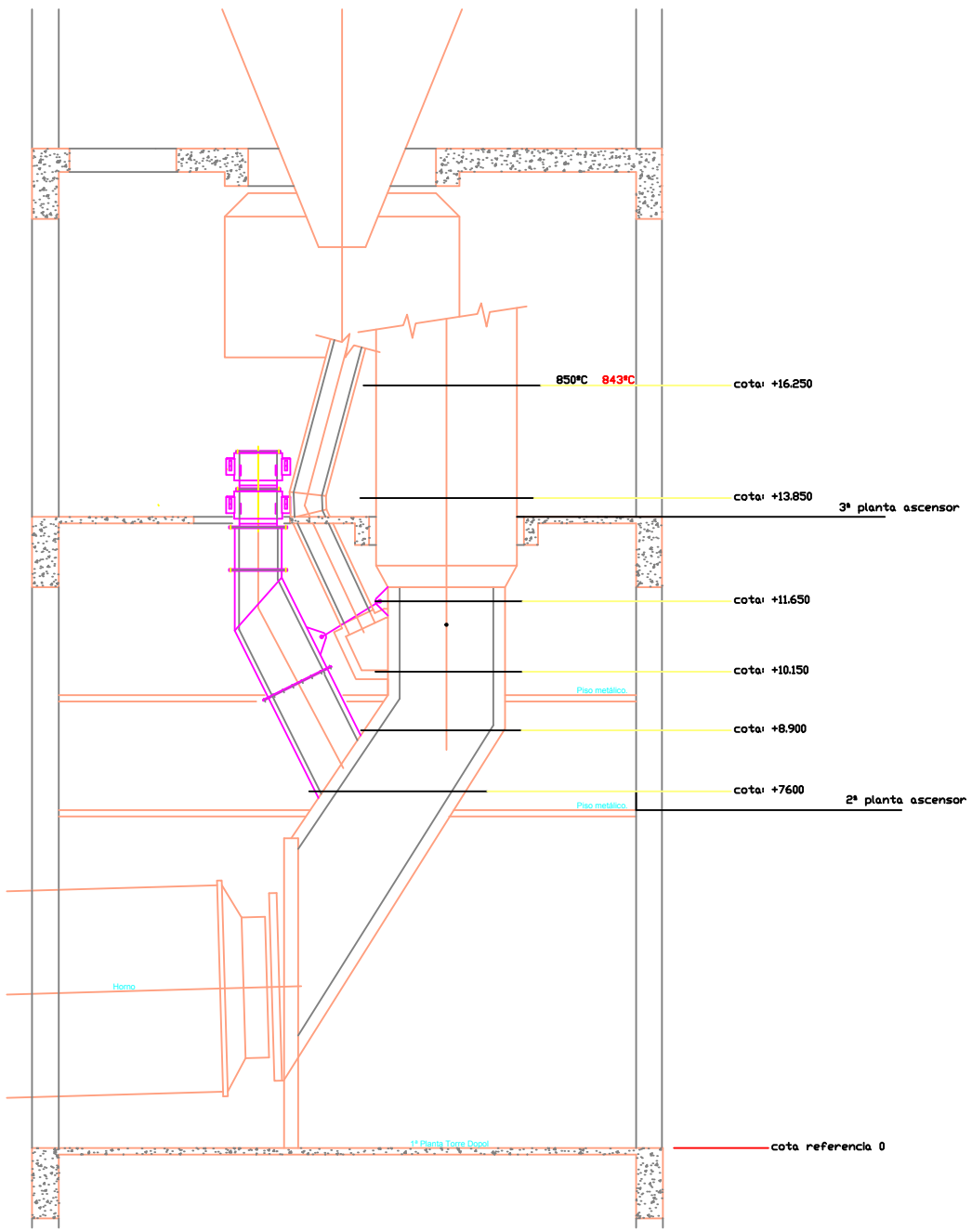
1. TRITURACIÓN DE CALIZA Y MARGAS
2. TRANSPORTE DE CALIZA Y MARGA
3. TRANSPORTE DE CALIZA
4. PARQUE DE PREHOMOGENEIZACIÓN
5. CADENA RASCADORA
6. TRANSPORTE DE CALIZA
7. GALERÍA TRANSPORTE DE CALIZA
8. TRANSFERENCIA DE CALIZA
- 9.
10. TRANSPORTE DE CALIZA, MARGA Y YESO
11. TRIPPER APILADOR DE ARENA
12. PARQUE DE ARENA
13. TRIPPER APILADOR DE MARGAS Y ESCORIAS
14. PARQUE CUBIERTO DE MARGAS Y ESCORIAS
15. TRITURACIÓN DE YESO
16. TOLVAS DE CALIZA, MARGAS Y ARENAS
17. MOLINO DE CRUDO
18. FILTROS HÍBRIDOS PRINCIPAL
19. CHIMENEA
20. SILOS DE CRUDO
21. INTERCAMBIADOR DOPOL
22. HORNO 2.400 t/d
23. ENFRIADOR
24. FILTRO ELECTROSTÁTICO
25. CHIMENEA
26. TRANSPORTE DE CLINKER Y CARGA A CAMIONES
27. ALMACEN DE CLINKER 60.000 t
28. TOLVA DE CLINKER
29. TRANSPORTE DE CLINKER A MOLINO DE CEMENTO
30. TOLVAS Y DOSIFICACIÓN DE CLINKER Y YESO
31. MOLINO DE CEMENTO
32. FILTRO MOLINO DE CEMENTO

33. SILO DE CENIZAS
09. SILO DE ESCORIAS
34. SILO RECUPERACIÓN DE POLVO
35. DEPÓSITOS ADITIVOS DE MOLIENDA
36. TUBO TRANSPORTE DE CEMENTO A SILOS
37. SILOS DE CEMENTO GRANEL/ENSACADO (3x5.000 t)
38. SILOS DE CEMENTO GRANEL (2x7.500 t)
39. ENSACADORAS Y PALETIZADORA
40. TOLVA DE CARBÓN
41. TRANSPORTE DE CARBÓN
42. MOLINO DE CARBÓN
43. TANQUES DE AGUA CONTRA INCENDIOS
44. BOMBAS DE FUEL-OIL
45. INSTALACIÓN DE ASFALTO
46. INSTALACIÓN AGUAS AMONIACADAS
47. INSTALACIÓN SÓLIDOS FINOS
48. ALMACÉN SÓLIDOS FINOS
49. INSTALACIÓN NEUMÁTICOS
50. DEPÓSITO AGUA POTABLE
51. DEPÓSITO AGUA INDUSTRIAL
52. BOMBAS AGUA INDUSTRIAL
53. TRATAMIENTO DE AGUA (OSMOSIS)
- 54.
55. EDIFICIO DE CONTROL, LABORATORIO Y OFICINAS
56. RR.HH Y COMERCIAL
57. ALMACÉN Y COMPRAS
58. ALMACÉN DE ACEITES
59. TALLER MECÁNICO
60. COMEDOR Y VESTUARIOS
61. VESTUARIOS DE CONTRATAS
62. VIGILANCIA Y CONTROL EXPEDICIÓN
63. APARCAMIENTO PARA COCHES

64. GALERÍA SUBTERRÁNEA DE SERVICIOS
65. CABLES ELÉCTRICOS ENTERRADOS
66. TUBERÍA DESAGÜE GALERÍA
67. CASETA DE COMPRESORES
68. GARAJE Y OFICINAS DE HAT
69. SURTIDOR
70. LAVADERO DE CAMIONES
71. APARCAMIENTOS DE CAMIONES
72. VENTA ARAOZ
73. INSTALACIÓN DISOLVENTES
74. BÁSCULA MATERIAS PRIMAS
75. BÁSCULAS DE EXPEDICIÓN
- V0000. SUBESTACIÓN PRINCIPAL
- V0001. SUBESTACIÓN PRIMARIO
- AC12. CASETA ELÉCTRICA AGUA
- T21. SUBESTACIÓN FUEL-OIL
- T25. SUBESTACIÓN ENFRIADOR
- AC7. CASETA ELÉCTRICA ENFRIADOR
- AC11. CASETA ELÉCTRICA FUEL-OIL
- AC8. CASETA ELÉCTRICA MOLINO DE CEMENTO
- AC4/5. CASETA ELÉCTRICA CRUDO HOMOGENEIZACIÓN
- AC9. CASETA ELÉCTRICA ELECTROFILTRO
- AC6. CASETA ELÉCTRICA HORNO
- AC6.1. CASETA ELÉCTRICA PRINCIPAL HORNO
- AC2/3. CASETA ELÉCTRICA EXTRACCIÓN PARQUE Y MAT. PRIMAS
- T22. SUBESTACIÓN TRITURACIÓN PRIMARIA
- AC1. CASETA ELÉCTRICA TRITURACIÓN PRIMARIA
- AC1.1. CASETA ELÉCTRICA DE PREHOMO
- T26. SUBESTACIÓN SILOS GRANEL/ENSACADO
- AC12. CASETA ELÉCTRICA SILOS GRANEL/ENSACADO

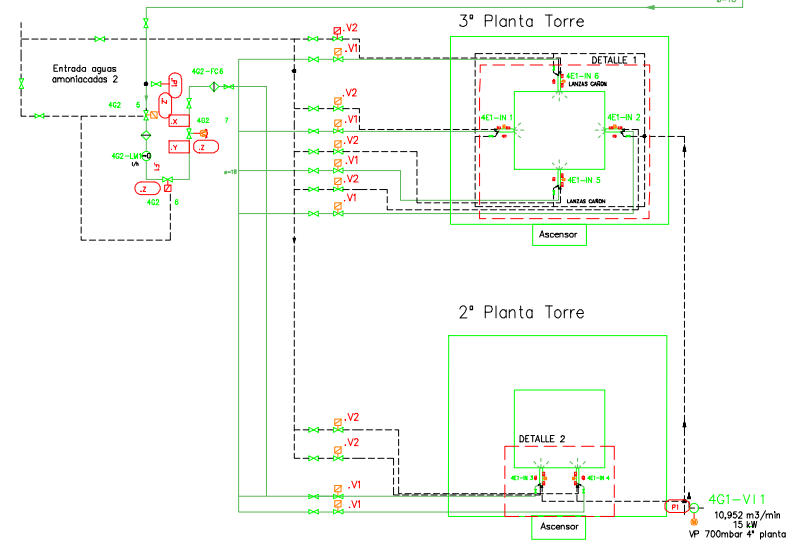
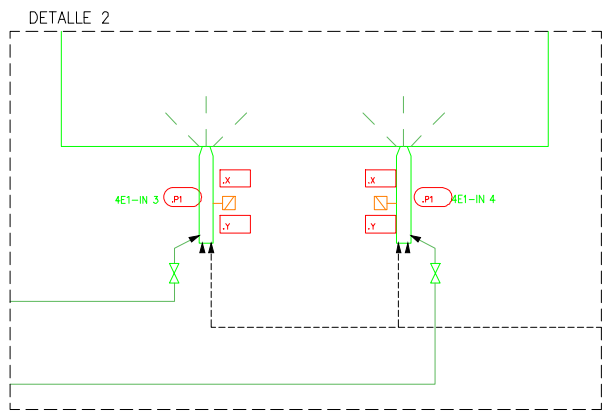
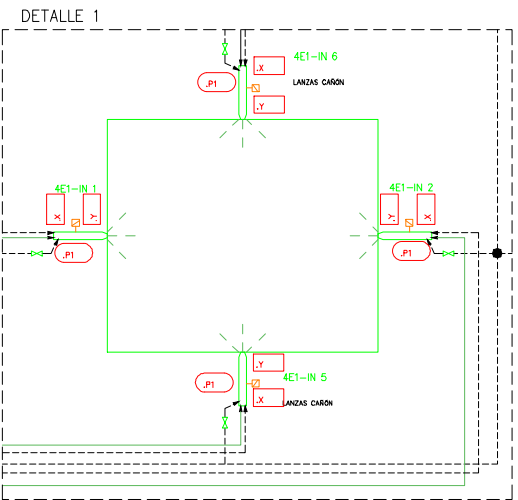
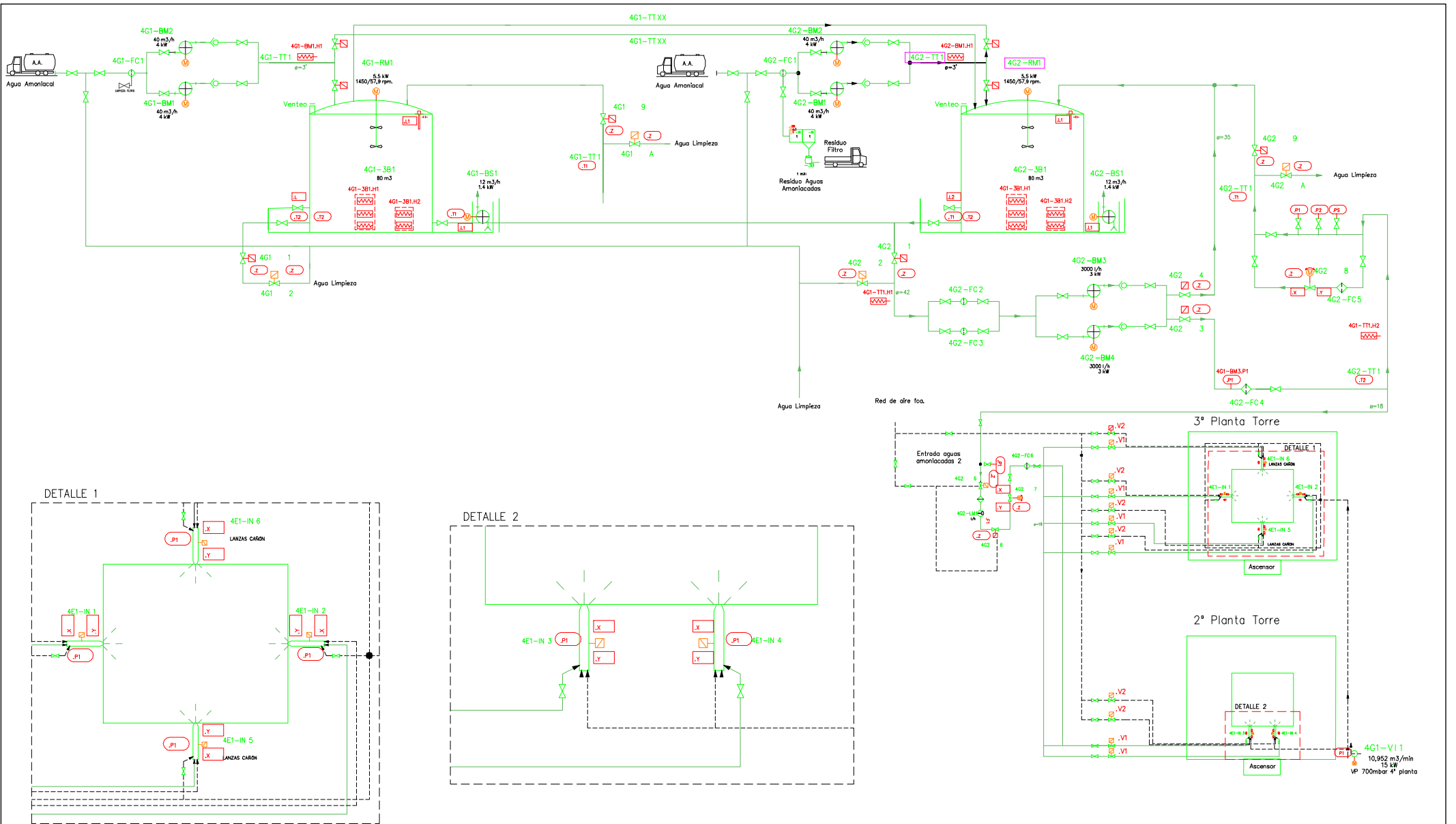
CAD	FECHA	NOMBRE
Dibujado	20/02/18	J. C. G.
Comprob.	20/02/18	J. C. G.
TRABAJO PARA EL QUE SE AUTORIZA SU USO: Optimización del sistema de reducción de óxidos de nitrógeno en la Fábrica de cementos de Gador, Cemex		
PLANTA GENERAL CEMEX FABRICA DE GADOR		
ESCALA	AUTORIZADO AL USO: MARTA ÁLVAREZ GALVEZ	
1/2500		

PROPIEDAD Y AUTORIZACIÓN AL USO POR:	
 <b>CEMEX</b> FABRICA DE GADOR	
N° DE PLANO	
1	



CAD	FECHA	NOMBRE	PROPIEDAD Y AUTORIZACIÓN AL USO POR:
Dibujado	08/01/2004	G.C.C	
Comprob.	08/01/2004	L.V.	
TRABAJO PARA EL QUE SE AUTORIZA SU USO: Optimización del sistema de reducción de óxidos de nitrógeno en la Fábrica de cementos de Gador, Cemex.			
TORRE DEL INTERCAMBADOR. COTAS.			
ESCALA 1:50	AUTORIZADO AL USO: MARTA ÁLVAREZ GALVEZ		Nº DE PLANO  2



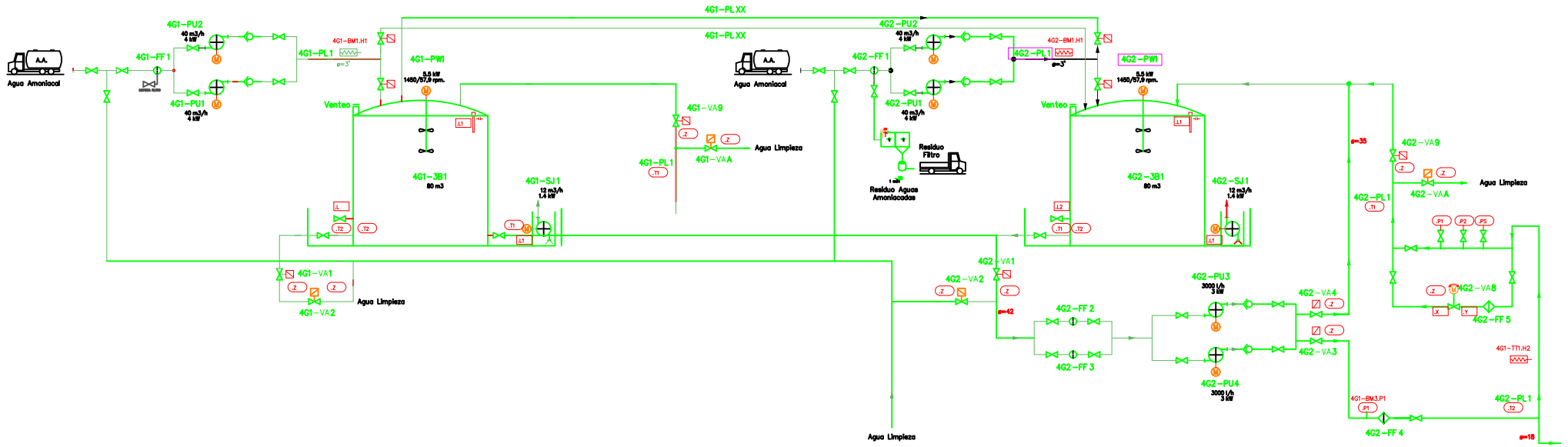


SSET SYMBOL	DRIVES	COMPRESSED AIR	OPTION
OLDS	PROCESS INSTRUMENT.	DEDUSTING	EXISTING
AS	COMPONENTS/SENSORS	LIQUIDS	REMOVE
AC CODE	LOGPS	FUTURE	REVISION CLOUD

CAD	FECHA	NOMBRE	PROPIEDAD Y AUTORIZACIÓN AL USO POR:
Dibujado	16/01/2018	J.C.G.	
Comprob	16/01/2018	J.C.G.	
TRABAJO PARA EL QUE SE AUTORIZA SU USO: Optimización del sistema de reducción de óxidos de nitrógeno en la Fábrica de cementos de Gador, Cemex			
FLWSHEET ANTIGUO INSTALACIÓN REDUCCIÓN NOx			
ESCALA S/E	AUTORIZADO AL USO: MARTA ÁLVAREZ GALVEZ		Nº DE PLANO  3

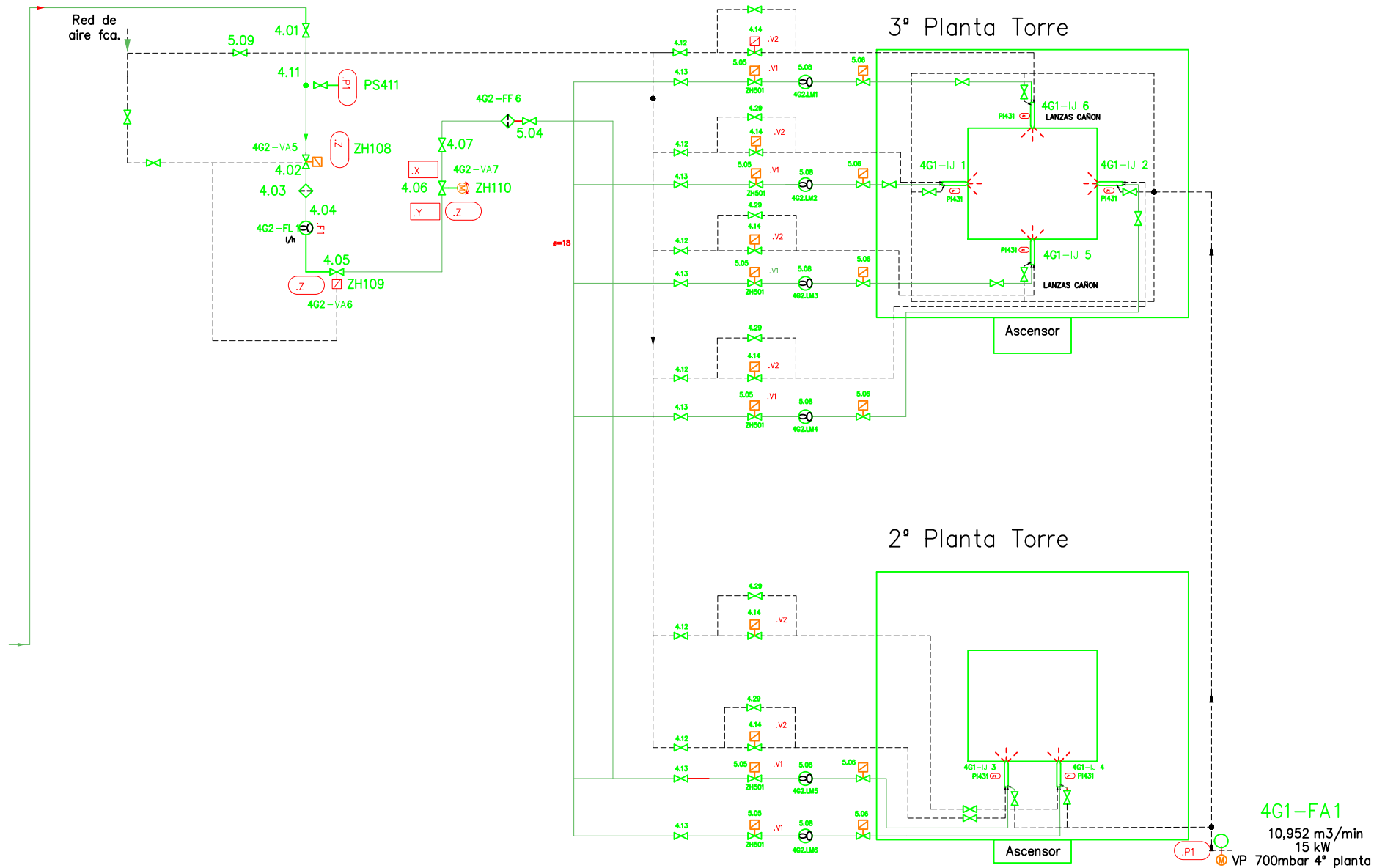
AGUAS AMONIACADAS 1 (Antigua Urea)  
Lado Almeria

AGUAS AMONIACADAS 2  
Lado Gador (NUEVA)



SSET SYMBOL	DRIVES	COMPRESSED AIR	OPTION
OLDS	PROCESS INSTRUMENT.	DEDUSTING	EXISTING
AS	COMPONENTS/SENSORS	LIQUIDS	REMOVE
AC CODE	LEGEND	FUTURE	REVISION CLOUD

CAD	FECHA	NOMBRE	PROPIEDAD Y AUTORIZACIÓN AL USO POR:
Dibujado	01/06/2018	P.Z.S.	
Comprob.	03/06/2018	M.A.G.	
TRABAJO PARA EL QUE SE AUTORIZA SU USO: Optimización del sistema de reducción de óxidos de nitrógeno en la Fábrica de cementos de Gador, Cemex.			
FLWSHEET ACTUALIZADO INSTALACIÓN REDUCCIÓN NOx. ZONA DESCARGA.			
ESCALA S/E	AUTORIZADO AL USO: MARTA ÁLVAREZ GALVEZ		Nº DE PLANO  4 (1)



SSET SYMBOL	DRIVES	COMPRESSED AIR	OPTION
OLDS	PROCESS INSTRUMENT.	DEDUSTING	EXISTING
AS	COMPONENTS/SENSORS	LIQUIDS	REMOVE
AC CODE	LEGEND	FUTURE	REVISION CLOUD

CAD	FECHA	NOMBRE
Dibujado	01/06/2018	P.Z.S.
Comprob.	03/06/2018	M.A.G.
TRABAJO PARA EL QUE SE AUTORIZA SU USO: Optimización del sistema de reducción de óxidos de nitrógeno en la Fábrica de cementos de Gador, Cemex		
ESCALA S/E	AUTORIZADO AL USO: MARTA ÁLVAREZ GALVEZ	

PROPIEDAD Y AUTORIZACIÓN AL USO POR:



FABRICA DE GÁDOR

Nº DE PLANO

4 (2)

9.

# ANEXOS

# ÍNDICE

- Anexo 1: Descripción detallada de la visita técnica en campo.
- Anexo 2: Análisis de causa raíz (ACR).
- Anexo 3: Toma de datos.
- Anexo 4: Aplicación móvil para control del sistema.
- Anexo 5: Resumen trabajo inicial.
- Anexo 6: Plano instalación inicial.
- Anexo 7: Instrucciones de trabajo estándar medida temperatura.
- Anexo 8: Instrucciones de trabajo estándar medida composición de gases.
- Anexo 9: Instrucciones de trabajo estándar mantenimiento lanza.
- Anexo 10: Hojas de cálculo utilizadas.
- Anexo 11: Ficha técnica solución amoniacal 25%. Fertiberia.
- Anexo 12: Ficha de seguridad solución amoniacal 25%. Fertiberia.

# **ANEXO 1: DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA VISITA TÉCNICA EN CAMPO.**

Para analizar el estado del sistema, se realizó una visita a campo con el responsable del proyecto inicial. En esta visita, pudieron observarse las siguientes necesidades:

1. En el armario en el que se encuentra toda la instrumentación de cada una de las lanzas encontramos lo siguiente:



Figura 1. Instrumentación armario lanzas solución amoniacal según se observó en visita en el mes de marzo.

2. La mayoría de equipos no cuentan con identificación en campo.
3. Algunas partes de la instalación muy deterioradas. Por ejemplo el pórtico de regulación de caudal en la torre, el armario de lanzas y las lanzas de solución amoniacal.
4. Los repuestos que hay en campo en el armario de lanzas de solución amoniacal no están inventariados. Se hace necesario crear una lista de repuestos para disponer en almacén de todos los repuestos pertinentes para poder hacer cualquier tipo de reparación cuando sea necesario. Estos repuestos deben en relación con el flowsheet del segundo proyecto que se hizo, el cual coincide con la instalación actual que es el que se encuentra en el plano n°3.
5. En cuanto a los equipos de medición en campo, se comprueba que no llegan señales de la mayoría de ellos a control, con el consiguiente problema que esto desencadena.

En la siguiente imagen, puede verse el sinóptico de control un día en el que el horno estaba parado, esto se observa claramente mirando que las emisiones que aparecen son prácticamente 0.

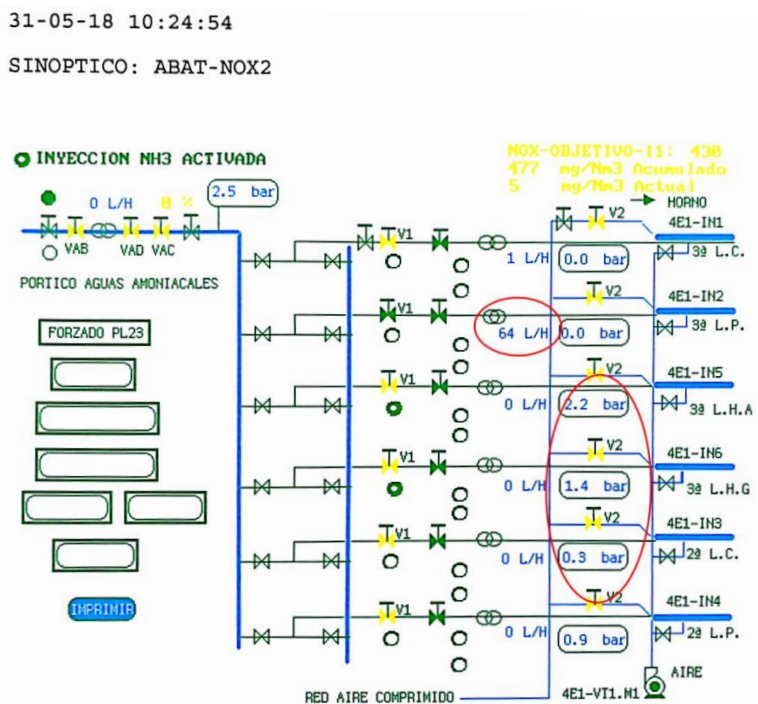


Figura 2. Sinóptico cuadro inyección lanzas solución amoniacal disponible en sala de control.

Puede observarse en la Figura 2 que en el caudalímetro marcado aparece un caudal de 64 L/h lo cual no es real dado que al estar el sistema parado la inyección de solución amoniacal es 0.

Además esto puede comprobarse en que el caudalímetro general que se puede observar a la izquierda está marcando 0, este es el único caudalímetro al que se le ha hecho un mantenimiento adecuado y que por tanto nos da una medida fiable.

En cuanto a las presiones observamos en rojo las medidas que son diferentes a 0, según se ha podido analizar en el proceso, estas medidas de presión corresponden al aire de pulverización de la lanza, el cual debe tener una presión similar al del líquido para una pulverización óptima.

Tras una pequeña investigación de porque han podido deteriorarse estos caudalímetros pequeños y el general de la instalación no, al igual que ocurre con el transmisor de presión, se ha podido determinar que en el caso del caudalímetro y transmisores de presión general son elevadamente robustos.



6. Se detecta la falta de mantenimiento sobre las lanzas de inyección de solución amoniacal, se entrevista a los responsables de mantenimiento para saber cuál era el motivo de este factor.

Se indicó que la falta de mantenimiento era derivada del difícil manipulado y extracción de las lanzas. Por ello, se inició una pequeña investigación sobre los sistemas de sujeción que se poseen en fábrica ya que, no todas las lanzas son iguales.



Figura 3. Sujeción lanza tipo 1

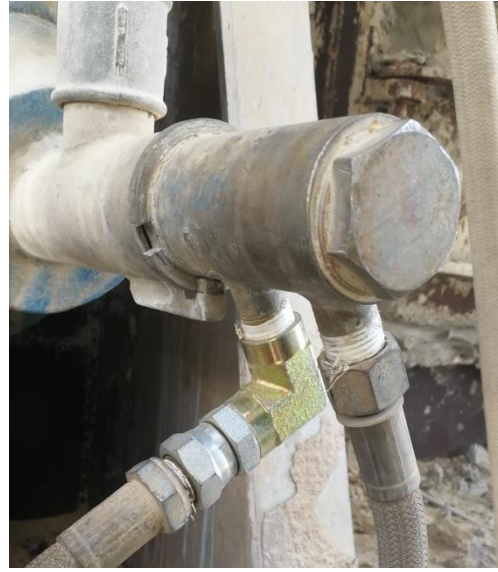


Figura 4. Sujeción lanza tipo 2

Como puede verse en las imágenes, los sistemas de sujeción que hay en fábrica son los de la izquierda (Figura 3) a excepción de una sola lanza que es la de la derecha (Figura 4). La de la derecha posee un manipulado mucho más simple ya que simplemente con girar la lanza y hacer coincidir la pestaña con la muela ya estaría fuera. Sin embargo la de la izquierda necesita desatornillar 4 tornillos.

7. En cuanto al pórtico de regulación de caudal se comprueba que todos los elementos funcionan correctamente pero no se encuentran inventariados.
8. Se observa si comparamos el plano de este proyecto con el flowsheet (plano n°3) que se posee en fábrica y por el cual se guían los operarios para trabajar es que hay muchas diferencias entre ambos sobre todo en la zona del pórtico y el armario de lanzas.

# **ANEXO 2: ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ (ACR)**

*El Análisis de Causa Raíz (ACR) es básicamente una serie de metodologías que utilizan las organizaciones para establecer las causas que generan a determinadas cuestiones. El fin es utilizar el pensamiento objetivo para descifrar por qué algo salió mal o por qué algo no es posible. No todos los procesos de producción y provisión de servicios son perfectos, durante su ejecución se presentan eventos no conformes que los frenan o los desvían. Es necesario identificar correctamente la causa que originan las desviaciones en cada proceso de manera individual, a fin de poder implementar acciones correctivas y preventivas que las disminuyan o erradiquen completamente (Ovalles Acosta, Gisbert Soler, & Pérez Molina, 2017)*

En nuestro caso, será muy útil puesto que de esta forma podremos determinar las variables que influyen en el problema identificando así los puntos de mejora.

Este un método con gran aplicación industrial y que nos va a permitir solucionar prácticamente cualquier problema si seguimos los pasos. El proceso es el que sigue:

a) Inicialmente se crea una tabla en la que se identifican los diferentes factores que pueden interferir en un problema determinado, normalmente, conviene mantener tablas estándar dentro de una misma industria para así no olvidar ningún factor que pueda ser determinante. En caso de que alguno de los factores no sea influyente lo dejaremos en blanco sin ningún problema.

Los factores a tener en cuenta en el caso de esta industria son:

- Hombre: Se refiere a todo problema que puede ser solucionado aumentando el conocimiento de los operarios, técnicos...
- Máquina: En este caso se encasilla todo aquello que haya ocasionado un problema proveniente de un fallo en una máquina.
- Medida: Problemas derivados de la falta o fallo de medida.
- Material: Calidad del material, se plantea si es útil para la función que está siendo utilizado y se sientan las bases para la evaluación de las alternativas posibles.
- Método: La forma de hacer las cosas es determinante a la hora de realizar una determinada función, es por ello que es analizada también en este proceso.

Hombre	Máquina	Medida	Material	Método
Falta de formación en mantenimiento de la instalación	Medidores de presión y caudalímetros de sol. amon. fuera de servicio	No se dispone de medida continua de Nox antes de la inyección de Sol. Amon.	No utilización de reactivos alternativos	Falta de conocimiento del estado actual de la instalación
Falta de formación de los principios de funcionamiento del abatimiento de NOx	Falta identificación equipos en campo	Falta de medida de parámetros de pulverización (p) de aire y líquido en lanzas	Equipos control pulverización no adecuados para solución amoniacal	No hay método para verificar eficiencia de abatimiento de Nox
	Mal sistema fijación de lanza no permite fácil y segura desmontaje para limpieza	Falta de medición de temperatura en los puntos de inyección para evaluar ventana térmica	Formación pegaduras en zonas de inyección	Falta de criterios de correcta pulverización (Q, p, T).
	Falta de repuestos			Falta de mantenimiento diaria de la instalación de pulverización
				No existe protocolo de limpieza rutinaria de lanza, incluida secuencia desmontaje / montaje
				Estrategia control de Nox / NH3 diario
				Flowsheet no actualizado
				Listado de repuestos no actualizado
				Falta de limpieza de armario de pulverización

Tabla 1. Determinación factores diagrama causa raíz.

En la Tabla 1, puede verse como se distribuyen los factores que han sido identificados como posibles puntos de mejora en nuestro proceso.

b) El diagrama de causa raíz queda entonces como se muestra en la Figura 1. Diagrama causa raíz.

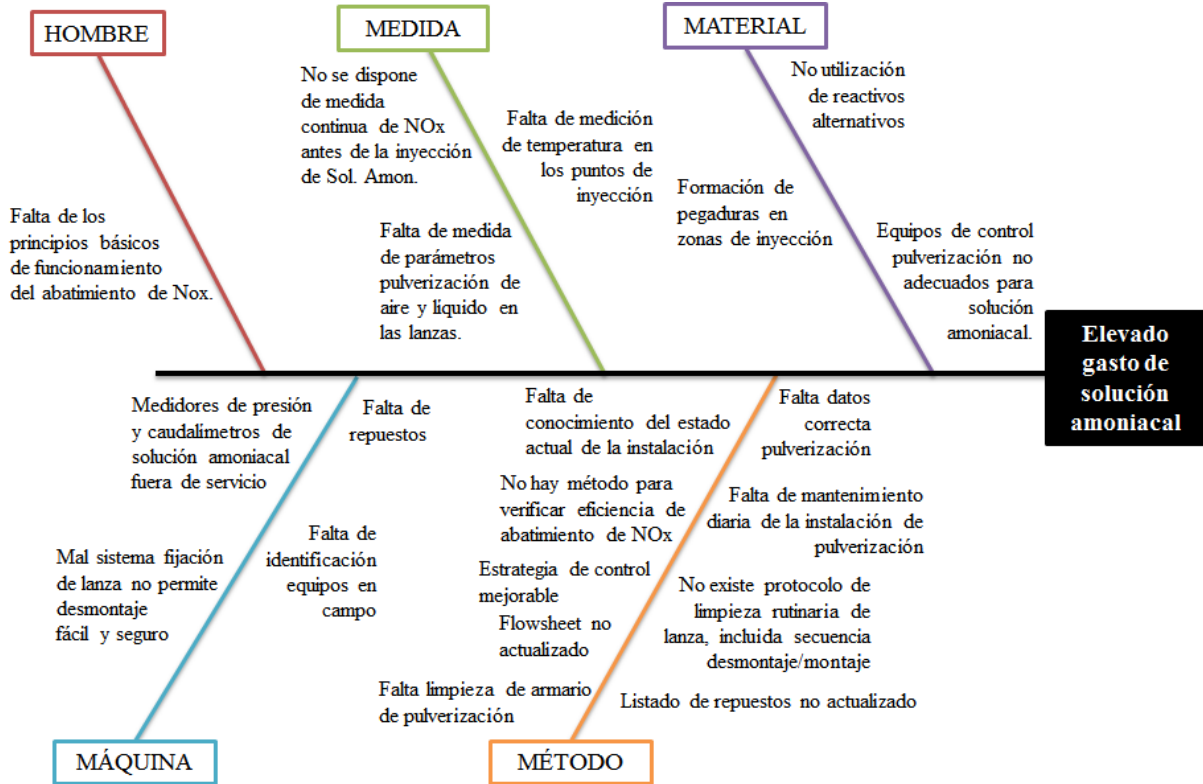


Figura 1. Diagrama causa raíz.

## **ANEXO 3: TOMA DE DATOS**

Para la toma de datos, en un proceso como en que nos ocupa es importante que las condiciones de medida sean lo más estándares posible. Por ello fueron realizadas con la siguiente composición. La cual se mantuvo a lo largo de todos los días que se hicieron pruebas.

- 32% de serrín impregnado
- 27% de disolventes
- 41% de coque

Las medidas fueron tomadas los días 11 de julio, 1 y 2 de agosto.

### - Medidas de temperatura

Para la realización de las mediciones de temperatura se utiliza el equipo Testo 350-M/XL conectando a este un termopar.



Figura 1. Testo 350-M/XL conectado a un termopar.

Se realiza una medición en continuo durante 3 minutos en los 6 puntos disponibles. El equipo de medición se configura para que tome datos cada 15 segundos garantizando así la obtención de 12 valores de medida en cada uno de los puntos para poder calcular estadísticamente la media obteniendo una medida lo más representativa posible, despreciando en cualquier caso, datos que puedan evidenciarse como fuera de lo común.

Las medidas debido a las condiciones de presión y temperatura que se dan en la torre deberán realizarse de acuerdo a unos protocolos de seguridad determinados para evitar, de esta forma cualquier tipo de incidente o cambio a la hora de trabajar entre un operario u otro que pueda inducir a diferencias en la medida o accidentes. Estos protocolos se encuentran correctamente explicados en el epígrafe destinado a las Especificaciones técnicas, generales y administrativas y quedan recogidos en el anexo número 5.

Garantizarán además que si cualquier otra persona desea realizar estas mismas mediciones en cualquier otro momento lo hará siguiendo el mismo protocolo que nosotros hemos seguido permitiendo así la comparabilidad de los datos.

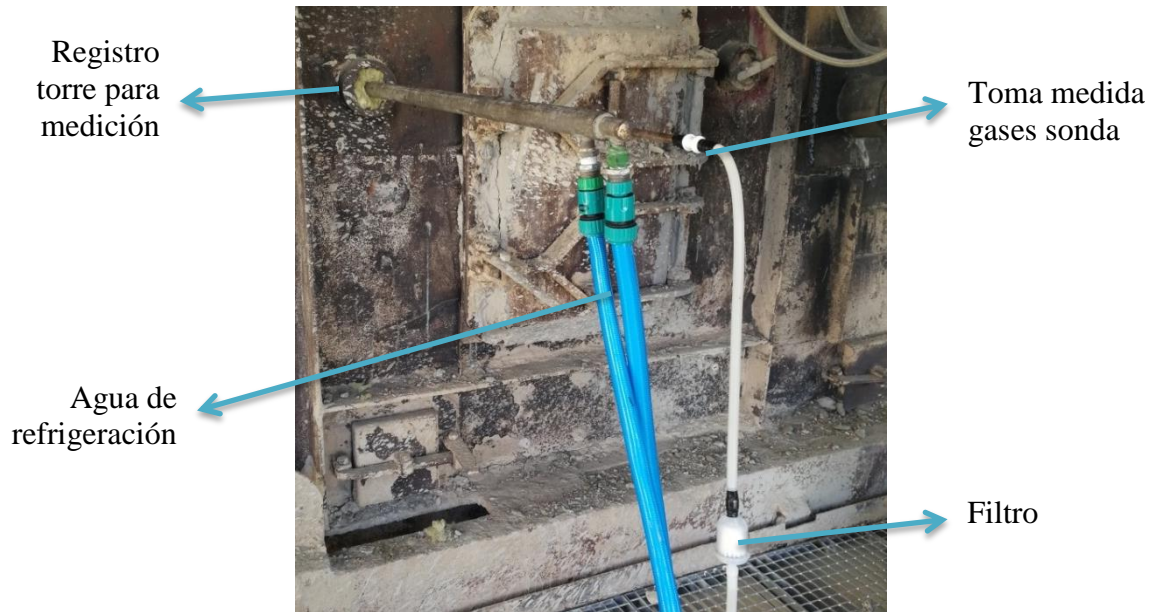
#### - Medidas de gases

El protocolo realizado para la realización de las medidas puede ser consultado en las especificaciones técnicas, generales y administrativas.

Previamente al inicio de la toma de medidas fue necesario realizar la preparación de todos los elementos necesarios para la realización de las pruebas. Dado que la sonda de medición de gases es de acero y este no es capaz de aguantar las temperaturas que se alcanzan en el interior, cercanas a los 100°C sin deformarse, fue necesario habilitar una toma de agua en las inmediaciones del punto de medida para de esta forma poder utilizar una sonda de medida refrigerada por agua evitando así que se deforme.

Un detalle de la sonda puede observarse en la Figura 2.





**Figura 2. Sonda medición temperatura.**

Tras la preparación de la sonda, se hace necesario poner a punto el equipo y programar las medidas para así poder iniciar la medición sin problemas, se realiza una configuración similar a la del caso de la temperatura. Las medidas son tomadas cada 15 segundos y durante 3 minutos obteniendo así 12 puntos de medida en cada una de las lanzas de inyección. Se utilizó el testo 350 al igual que para el caso de las medidas de temperatura pero en este caso conectado a un equipo de medición de gases testo 350M que puede apreciarse en la Figura 3.



**Figura 3. Equipo medidor de gases.**

Los preparativos para la realización de las medidas se inician el día 11 de julio a las 07:00 am y se comenzó a medir a las 10:00 am., terminando estas mediciones a las 12:30 pm coincidiendo con un fallo en la bomba del agua que abastecía a la sonda refrigerada por agua

de medición. En este primer día de mediciones se realiza el análisis de la mitad de las lanzas de inyección.

Se continúa con las medidas el día 1 de agosto a las 8:00 coincidiendo con unas condiciones de trabajo prácticamente iguales que las que se dieron en el primer día para no producir interferencias en las medidas. Se termina la medición el día 1 de agosto a las 12:00.

En la tabla 1 puede comprobarse la secuencia que se siguió para realizar la prueba:

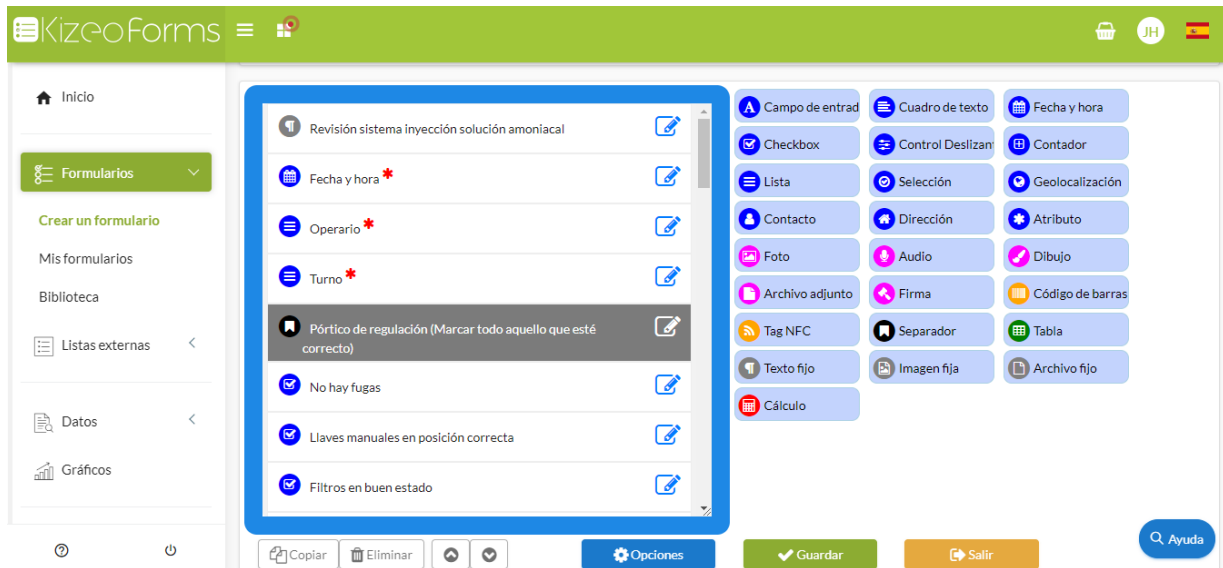
<b>Protocolo medida abatimiento NOx</b>	
<b>Acción</b>	<b>minutos</b>
Cortar inyección de solución amoniacal a la torre, poner en recirculación	1
Cerrar válvulas manuales de todas las lanzas y bloquear. Caja con candados rojos, supervisor y personales	2
Bloquear aire red cañones. Cortar aire cañones (zona afectada lanza y sonda) , disparar y purgar calderines.	3
Sacar lanza a probar	1
Limpiar boquilla / poner boquilla nueva	5
Meter en cámara de humos sonda refrigerada para medida gases	5
Estabilizar medida de gases del TESTO	3
Insertar termopar en punto de inyección	1
Meter lanza a probar	1
Desbloquear y abrir válvulas de lanza seleccionada	2
Inyectar 200 l/h durante 10 minutos, tomar hora de inicio de prueba	10
Cortar inyección durante 5 minutos	5
Inyectar 300 l/h durante 10 minutos, tomar hora fin de prueba	10
Cortar inyección de solución amoniacal a torre, poner en recirculación	1
Sacar sonda de medida de gases	5
Sacar lanza e inspeccionar estado de la boquilla	5
Insertar lanza	1
Cerrar purga calderines, abrir llaves de aire. Desbloquear red aire cañones.	5
Espera para ciclo disparo cañones	10

Tabla 1. Protocolo medición gases.

# **ANEXO 4: APLICACIÓN MOVIL PARA REVISIONES DEL SISTEMA.**

La aplicación fue diseñada dentro del entorno de “Kizeo forms” se trata de una herramienta de creación de formularios que se adapta muy bien al entorno industrial. El entorno de programación de los formularios es bastante visual y adquiriendo una formación básica pueden realizarse.

En la siguiente imagen puede visualizarse el entorno de creación de formularios.

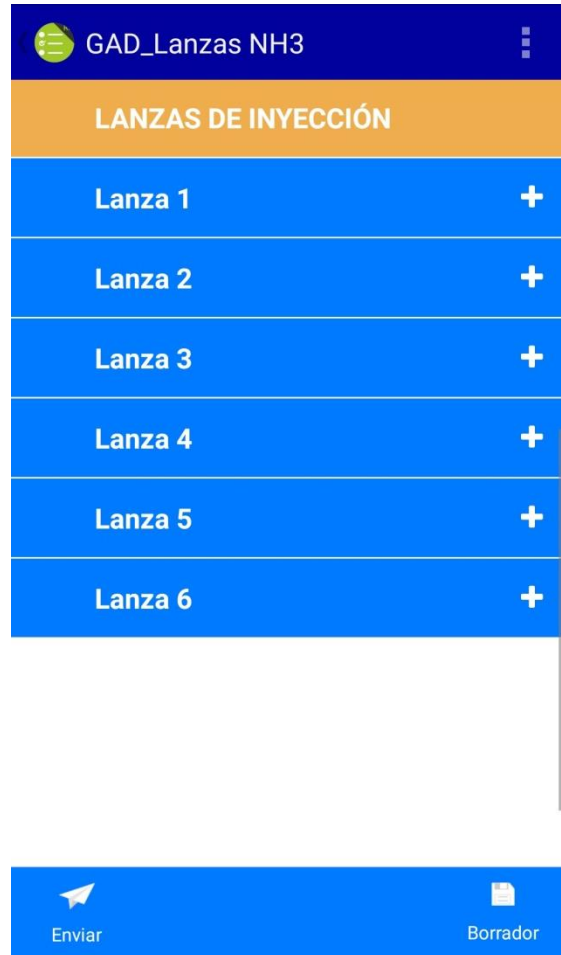
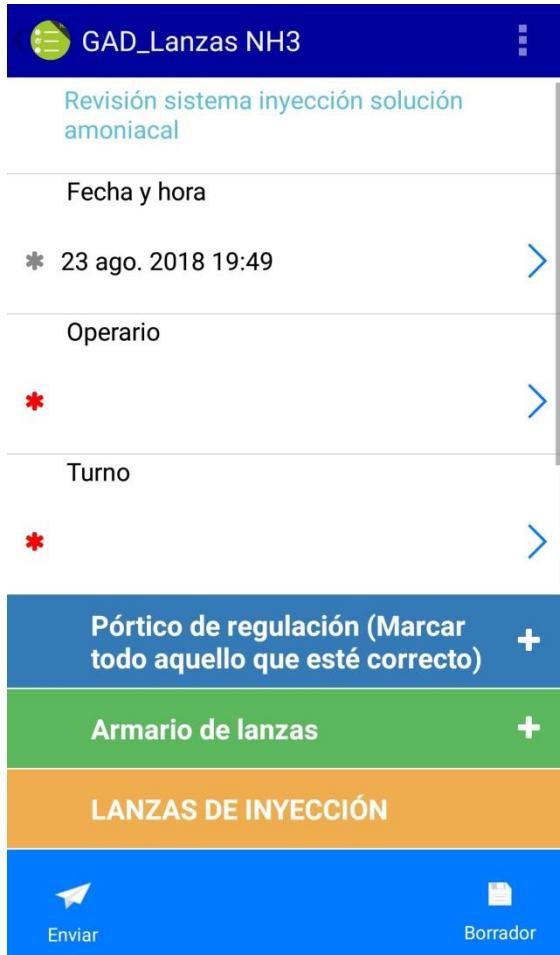


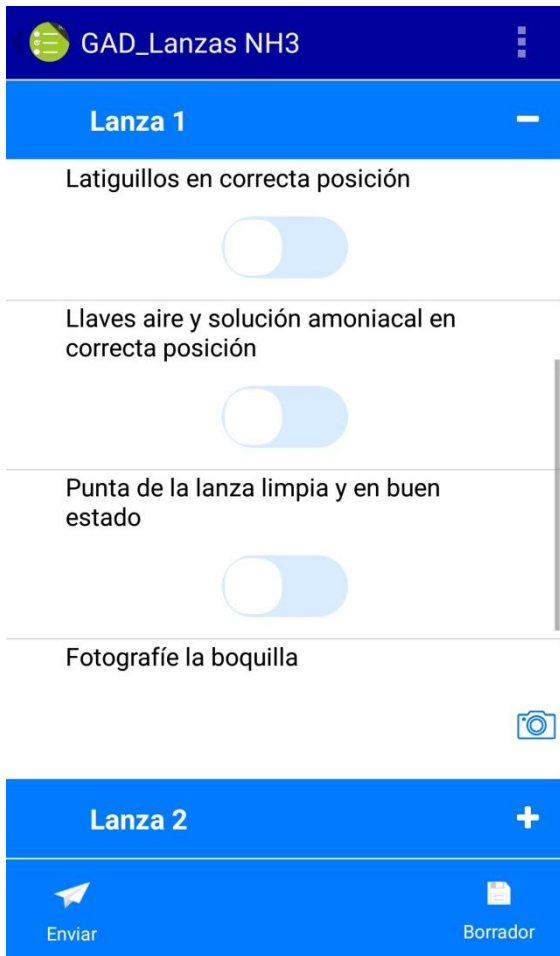
**Figura 1. Panel diseño aplicaciones Kizeo Forms.**

A este entorno de creación se accede desde el navegador web y como se ve en la imagen se van añadiendo los diferentes campos al mismo.

El formulario se encuentra dividido en 3 zonas, pórtico de regulación, armario de lanzas y lanzas de inyección. En cada uno de estos apartados se realizan preguntas específicas sobre lo que debe encontrarse para que el operario marque el estado del mismo. En el campo de las lanzas se añade además un apartado que indica que el operario debe tomar una foto de la punta de la lanza, ya que, es el punto más problemático y del que aún no se tiene mucha información sobre si los tiempos de limpieza son adecuados, por tanto, tomando fotos de cada revisión se podrá ver este proceso ya que, se puede establecer una rutina de revisión en la que se revisen las lanzas antes y después de la limpieza de las mismas.

En las siguientes figuras puede comprobarse como quedaría la visualización del formulario en las tablets de las que los empleados disponen en fábrica y los apartados del formulario.





**Figura 4. Panel selección estado lanza.**



**Figura 5. Muestra de cómo se vería la toma de una fotografía.**

Tras la puesta en marcha de la aplicación, al recibirse un email directamente de la revisión realizada y estado de cada una de las lanzas se ha tomado una mayor conciencia sobre la importancia de revisión y mantenimiento de las mismas.

Debido al uso de la aplicación ya no hay que esperar a que el sistema falle para detectar que una lanza está sucia sino que al haberse hecho fotos de cada una de las revisiones se ha podido así definir un plan de limpieza ya que ha sido cuantificado a qué velocidad se ensucian las lanzas.

# **ANEXO 5: RESUMEN DEL PROYECTO INICIAL.**

## **Summary**

### **Objective:**

The objective of this project is to have the necessary information to start a project of a definitive facility to decrease the NO<sub>x</sub> emission below the future environment regulation (800 mg/Nm<sup>3</sup> @ 10% O<sub>2</sub>).

### **Situation:**

The current NO<sub>x</sub> emission at Gádor plant is above the limit established in the future environmental regulations. Average emission in year 2004 was 931 mg/Nm<sup>3</sup>, and during 160 days the average daily emission exceeded the 800 mg/Nm<sup>3</sup> limit. Average emission in year 2005 (up to May) is 982 mg/Nm<sup>3</sup>, but on 93 days average daily emission has exceeded the future limit, with maximum daily average values up to 2010 mg/Nm<sup>3</sup>.

### **Conclusions:**

Due to the high emission levels, the most effective and secure way to accomplish with the new environmental regulations is to install a facility to decrease the NO<sub>x</sub> emissions.

On-site tests carried out at the plant showed that a value of 700 mg/Nm<sup>3</sup> is able to reach without significant slip of ammonia or change in the CO signal, with an injection of 600 l/h of a 40% urea solution, even starting at 2.000 mg/Nm<sup>3</sup> NO<sub>x</sub>.

Local situation at Gádor, regarding health and safety issues, reagents price, investment costs and kiln type, led us to choose a SNCR facility using urea solution as reagent.

Operational costs has been estimated to be 0,19 €/t cli for the reduction of an average yearly emission of 990 down to 700 mg/Nm<sup>3</sup>.



**Recommendations:**

After the realization of on-site tests at plant, it is recommended to install a facility able to inject up to 800 l/h of urea solution at 4 points in the preheater, with a reagent storage capacity of 80m<sup>3</sup> of reagent.

Optimization of the installation under normal operation, regarding control system, kiln conditions, builds-up arising, etc., has to be carefully considered after installation start-up, in order to reduce operation costs of the SNCR installation.

Use of alternative reagents need further investigation (availability and prices of these products, EU-Directive on Incineration of Waste requisites), due its high impact on operation cost of the SNCR installation.

Primary measures for NO<sub>x</sub> reduction may be considered in order to reduce the operation cost of the SNCR installation.

**Messages:**

On-site tests are mandatory to search for the best injection points regarding reduction efficiency. The reduction efficiency will greatly impact in the operation cost of the installation. First, temperature influence is evident. Second, the influence from dust content in the reaction efficiency is high, because of the reaction taking place in gas phase, not on the dust. A very important point is to look for “dust free” areas in the riser duct. Third, influence may come from sulphur content: the high sulphur content in the gas may be the reason that explain the good efficiency at some injection points, despite of their low temperature. This high content helps in some way to the reduction reaction mechanism.

Health and safety is a key issue to choose the reagent type (urea solution 40% w/w, ammonia solution 25% w/w). Ammonia solution and urea solution have similar efficiency regarding NO<sub>x</sub> abatement. If local prices of these reagents do not show significant differences, health and safety issues suggest that the urea solution is the most suitable option to choose.

Regarding urea and ammonia solution prices, suppliers advise to sign a long term contract in order to fix the price of the reagents as much as possible, because of market fluctuations (up to 30-50% on prices).

The availability and use of alternative reagents, as ammonia water residues, may reduce operational cost in a high extension.

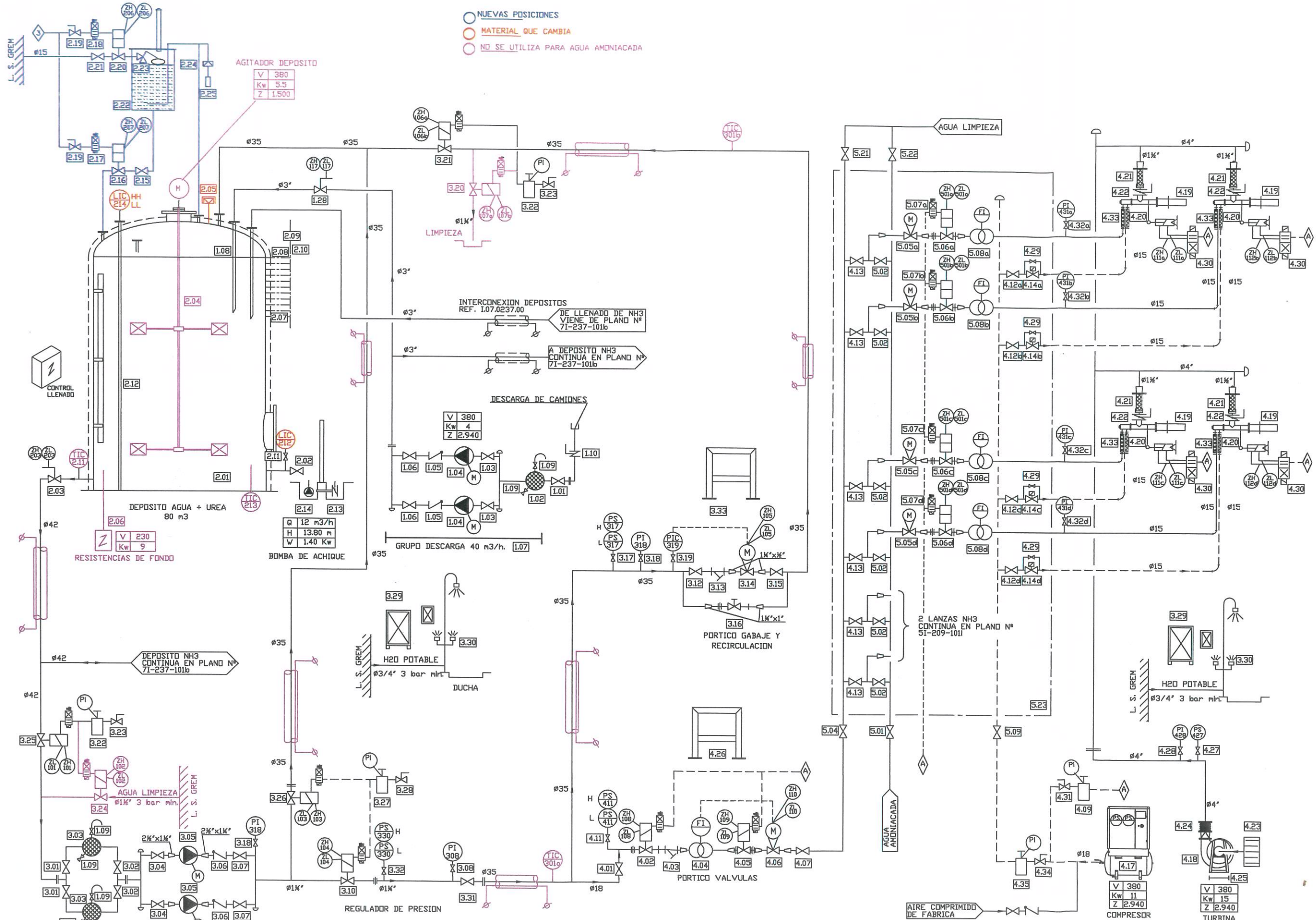
Environmental taxes may be an important issue to be consider regarding the NO<sub>x</sub> emission target (balance operation cost of abatement and emission taxes to be paid ), depending on the local environmental regulations situation.

From the analysis of NO<sub>x</sub> emission at Gádor, we can see that since the installation of the new high momentum burner (January 2004), the NO<sub>x</sub> emissions have raised significantly.

Primary measures may help to reduce operation cost of the installation.

NO<sub>x</sub> measurement at kiln inlet probe will be of significant importance after SNCR installation, due to the NO<sub>x</sub> value after the preheater is nowadays use to drive the kiln.

## **ANEXO 6: PLANO INSTALACIÓN INICIAL.**






- k) ADECUACION A AGUA AMONIACADA 11.11.2011
- j) ACTUALIZAR NUMEROS INSTRUMENTACION 31-7-2007
- i) INCORPORAR INTERCONEXION DEPOSITO Y MODIFICACION ARMARIO VALVULAS REFERENCIAS I.07.0237.00 Y I.07.0237.01 (11-7-2007)
- h) TOMA DE AIRE COMPRIMIDO DE RED FABRICA 27-11-2005
- g) FINALES DE CARRERA 14-11-2005
- f) PARA MONTAJE 7-10-2005
- e) POTENCIA RESISTENCIAS y 6 LANZAS 5-10-2005
- d) INCORPORAR BOMBA ACHIQUE 21-09-2005
- c) POTENCIA ELECTRICA 20-09-2005
- b) ACTUALIZAR E.G.-M. 21-8-2005
- a) INCORPORAR NUMERO DE POSICION 10-8-2005

PARA LISTA DE MATERIALES VER PLANO 5I-209-601-A

NOTAS: LAS POSICIONES 5.-- CORRESPONDEN A LA ORDEN I.07.0237.01

Ref. I.11.0209.02	Cliente	HOLCIM ESPAÑA S.A. FABRICA DE GADOR	<b>GREM</b> Ibérica, s.a
Dibujado E. G.-Muro			
V.º B.º E. G.-Muro			
Fecha 11.11.2011			
Escala	Designación:		
Plano de conjunto	ESQUEMA DE PRINCIPIO		
Nº	Pos.		
			51 209 101 k
			Sustituye a 5C-391-101
			Sustituido por




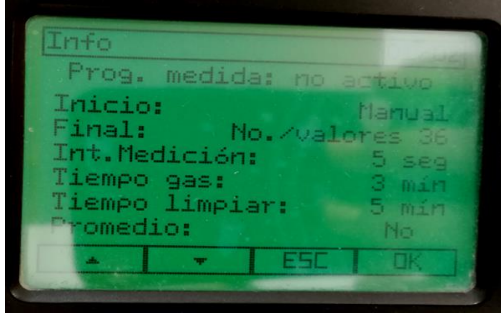
# **ANEXO 7: INSTRUCCIONES DE TRABAJO ESTÁNDAR MEDIDA TEMPERATURA.**




	<b>Hoja Trabajo Standard</b>	ID
Descripción:	Procedimiento para realizar mediciones de temperatura.	Fecha 20/05/2018
Tarea	MEDICIONES TEMPERATURA TORRE DE CICLONES	Departamento Producción
Área	Fábrica de Gádor	
Equipos	Torre de ciclones	
Objetivo Principal	Realizar mediciones de gases en la torre de ciclones	
EPI'S Adicionales	Casco con pantalla facial, gafas estancas, guantes de protección térmica, verdugo térmico y ropa ignifuga.	
Herramientas	Equipo de medicion, pieza de fibra aislante, martillo, sonda refrigerada por agua, mangueras, cinta aislante y filtros de recambio para la sonda.	
<b>Secuencia</b>	<b>Descripción secuencia trabajos</b>	<b>Comentarios o Fotos</b>
1	<b>Asegurar que tenemos todos los EPI's necesarios para</b>	 
Punto Clave/ Peligro	Trabajo en la torre, temperatura alta y posible proyección de material por sobrepresión en la torre.	
Razón	Seguridad	
2	<b>Comunicarse con el jefe de turno para planificar el trabajo, asegurar que no hay ningun otro trabajo en la torre y realizar Petición de parada de máquina (PPM) para bloqueo de cañones.</b>	
Punto Clave/ Peligro	Proyección de material debido al funcionamiento de los cañones.	
Razón	Seguridad	
3	<b>Tomar las herramientas necesarias, equipo de medición de temperatura, según tipo de registros coger herramientas necesarias para quitarlos.</b>	
Punto Clave/ Peligro	Por motivos de seguridad todos los registros en los que se harán mediciones estarán cerrados por lo que habrá que abrirlos en el momento de realizar la medida colocandose	
Razón	Seguridad	
4	<b>Subir a la torre, identificar el punto en el que se van a realizar las mediciones. Y realizar el bloqueo de los cañones que actuen sobre la zona.</b>	
Punto Clave/ Peligro	Al disparar los cañones tomar las suficientes precauciones.	
Razón	Seguridad.	
5	<b>Destapar el registro del punto deseado teniendo en cuenta la dirección del viento en el punto en el que nos encontramos para colocarnos a favor del mismo.</b>	
Punto Clave/ Peligro	Debido a ráfagas de viento puede proyectarse material incandescente.	
Razón	Seguridad	
6	<b>Una vez abierto el registro procederemos a realizar la medida. Introduciremos el termopar tapando el hueco que quede con una pieza de fibra aislante previamente cortada y esperar a que la medida se estabilice. Importante que el termopar toque el hierro para que no se den errores en la medida. Una vez obtenida la medida, extraer la sonda, con cuidado de no tocar la parte que ha estado introducida y esperar a que se enfríe.</b>	
Punto Clave/ Peligro	Temperaturas muy elevadas	
Razón	Medida de temperatura.	

7	Recogida de material, bajada de la torre y notificación a sala de control del fin del trabajo. Finalizar la PPM
Punto Clave/ Peligro	
Razón	Orden y limpieza. Seguridad.








**ANEXO 8: INSTRUCCIONES DE TRABAJO  
ESTANDAR MEDIDA DE COMPOSICIÓN  
DE GASES.**

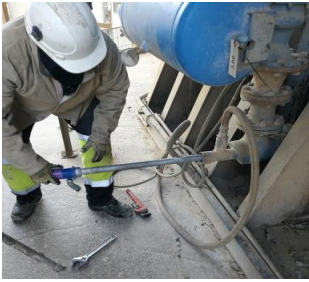
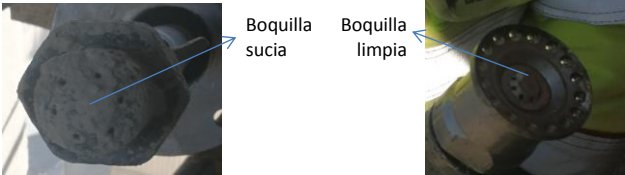


 <b>Hoja Trabajo Standard</b>		ID
<b>Descripción:</b>	<b>Procedimiento para realizar mediciones de</b>	<b>Fecha</b> 03/07/2018
<b>Tarea</b>	<b>MEDICIONES SONDA REFRIGERADA</b>	<b>Departamento</b> Producción
<b>Área</b>	<b>Fábrica de Gádor</b>	
<b>Equipos</b>	<b>Torre de ciclones</b>	
<b>Objetivo Principal</b>	Realizar mediciones de gases en la torre de ciclones	
<b>EPI'S Adicionales</b>	Casco con pantalla facial, gafas estancas, guantes de protección térmica, verdugo térmico y ropa ignífuga.	
<b>Herramientas</b>	Equipo de medicion, pieza de fibra aislante, martillo, sonda refrigerada por agua, mangueras, cinta aislante y filtros de recambio para la sonda.	
Secuencia	Descripción secuencia trabajos	Comentarios o Fotos
<b>1</b>	<b>Asegurar que tenemos todos los EPI's necesarios para</b>	 
Punto Clave/ Peligro	Trabajo en la torre, temperatura alta y posible proyección de material por sobrepresión en la torre.	
Razón	Seguridad	
<b>2</b>	<b>Comunicarse con el jefe de turno para planificar el trabajo, asegurar que no hay ningun otro trabajo en la torre y realizar PPM para bloqueo de cañones.</b>	
Punto Clave/ Peligro	Proyección de material debido al funcionamiento de los cañones.	
Razón	Seguridad	
<b>3</b>	<b>Tomar las herramientas necesarias, equipo de medicion de gases, según tipo de registros coger herramientas necesarias para quitarlos.</b>	
Punto Clave/ Peligro	Por motivos de seguridad el registro en el que se haran las medidas estará cerrado, para este tipo de medidas se utilizará un registro que se encuentra en la segunda planta	
Razón	Seguridad	
<b>4</b>	<b>Subir a la torre, identificar el punto en el que se van a realizar las mediciones. Y realizar el bloqueo de los cañones que actuen sobre la zona.</b>	
Punto Clave/ Peligro		
Razón		
<b>5</b>	<b>Destapar el registro teniendo en cuenta la dirección del viento en el punto en el que nos encontramos para colocarnos a favor del mismo. Con una barra de metal fina se desatascará el registro para que la sonda no tenga que ofrecer ninguna resistencia al entrar.</b>	
	Proyeccion de material	
Razón	Realizar medidas en el interior de la torre.	
<b>6</b>	<b>Se realizará la programación del equipo de medición de acuerdo a como aparece en la imagen. Las medidas nunca deberán superar los 3 minutos de medición en continuo debido al riesgo de que se atranque la sonda y se pare la bomba del equipo. El equipo debe colocarse en el lugar mas ventilado posible.</b>	
Punto Clave/ Peligro	Asegurar que la programacion es correcta para no incurrir en errores de media	
Razón	Toma de datos.	

7	Colocaremos las mangueras en la sonda, y una vez estas esten con un caudal de alrededor de 95 L/h procederemos a introducir la sonda en el interior de la torre. Conectaremos en este momento también el equipo de medición de gases.	 <p>Material aislante</p> <p>Manguera salida agua refrigeración</p> <p>Manguera entrada agua refrigeración</p> <p>Filtro</p>
Punto Clave/ Peligro	Material a altas temperaturas, sonda muy caliente. Verificar en todo momento que esta circulando caudal.	
Razón	Medida de composición de gases.	
8	Una vez esté dentro del registro será necesario vigilar que siga cayendo agua por la manguera de entrada y de salida.	
Punto Clave/ Peligro		
Razón	Medida en la parte baja de la teja	
9	Pasados 3 minutos cuando la medida haya finalizado se indicará en la pantalla del equipo "Ciclo de aire limpio" En este momento extraeremos la sonda y verificaremos que el filtro que se encuentra en la sonda que va directa al equipo se encuentra limpio y no obturado (Para mas información observar la imagen).	  <p>Filtro limpio</p> <p>Filtro sucio</p>
Punto Clave/ Peligro	Peligro de obturación de la lanza y por consecuencia elevación de la temperatura de la misma. Riesgo de atranque en la torre si no se hacen los ciclos de limpieza de los ciclones.	
Razón	Medida en la parte baja de la teja	
10	Recogida de material, bajada de la torre y notificación a sala de control del fin del trabajo. Finalizar la PPM	
Punto Clave/ Peligro		
Razón	Orden y limpieza	

# **ANEXO 9: INSTRUCCIONES DE TRABAJO ESTÁNDAR MANTENIMIENTO LANZA.**

 <b>Hoja Trabajo Standard</b>		ID
<b>Descripción:</b>	<b>Procedimiento para realizar mediciones de</b>	<b>Fecha</b> 05/07/2018
<b>Tarea</b>	<b>CAMBIO DE LANZA. LIMPIEZA.</b>	<b>Departamento</b> Producción
<b>Área</b>	<b>Fábrica de Gádor</b>	
<b>Equipos</b>	<b>Torre de ciclones</b>	
<b>Objetivo Principal</b>	Cambio de lanza de inyección de solución amoniacal para limpieza.	
<b>EPI'S Adicionales</b>	Casco con pantalla facial, gafas estancas, guantes de protección térmica, verdugo térmico y ropa ignífuga.	
<b>Herramientas</b>	Las necesarias para extraer la lanza, llave inglesa y en caso de existir lanza de repuesto, la lanza. Tapadera para evitar salida de material con la lanza quitada. Engrasante.	
Secuencia	Descripción secuencia trabajos	Comentarios o Fotos
<b>1</b>	<b>Asegurar que tenemos todos los EPI's necesarios para</b>	 
Punto Clave/ Peligro	Trabajo en la torre, temperatura alta y posible proyección de material de los cañones.	
Razón	Seguridad	
<b>2</b>	<b>Comunicarse con el jefe de turno para planificar el trabajo, asegurar que no hay ningún otro trabajo en la torre y realizar boqueo de cañones de la zona en la que vamos a tabajar. Una vez bloqueados los cañones se debe de dispararlos para vaciarlos y cerrar las llaves de la entrada de aire.</b>	 <p>Vaciado manual del cañón</p>
Punto Clave/ Peligro	Proyección de material debido al funcionamiento de los ciclones.	
Razón	Seguridad	
<b>3</b>	<b>Bloqueo de lanzas de solución amoniacal en el armario de lanzas.</b>	
Punto Clave/ Peligro	De esta forma se evita la salida de amoniaco por el latiguillo correspondiente en la lanza.	
Razón	Seguridad	
<b>4</b>	<b>Las herramientas se subirán a la torre en un carro de mano y lo que se llevará al punto de trabajo será la caja de herramientas</b>	
Punto Clave/ Peligro	Evitar desplazamientos al carro cada vez que haga falta una herramienta.	
Razón		
<b>5</b>	<b>Desatornillar los latiguillos de amoniaco y aire de limpieza de la lanza que se desea revisar. CUANDO ESTÉN COLOCADAS LAS VÁLVULAS BASTARÁ CON CERRARLAS.</b>	
Punto Clave/ Peligro		
Razón	Extracción de la lanza	
<b>6</b>	<b>Para extraer la lanza basta con hacerla girar hasta que la mueca que se encuentra en la misma coincida con el seguro que se le ha colocado permitiendo esto sacarla.</b>	
Punto Clave/ Peligro	Material caliente.	
Razón	Extracción de la lanza	

7	En caso de tener lanza de repuesto se sustituirá automáticamente por la que ya está limpia, se engrasará la punta de la lanza para atornillarla fácilmente y se volverán a atornillar los registros.	
Punto Clave/ Peligro	Prestar especial atención a colocar cada latiguillo donde le corresponde para no confundir aire con amoniaco.	
Razón	Cambio de lanza	
8	En caso de no tener lanza de repuesto se colocará la tapadera metálica.	
Punto Clave/ Peligro	De esta forma se evita la proyección de material y se permite el restablecimiento de los cañones mientras la lanza es llevada al taller para limpieza.	
Razón	Cambio de lanza	
9	<b>Limpieza de la lanza</b>	
Punto Clave/ Peligro	Para la limpieza de la lanza se traslada al taller mecánico y allí se limpia con agua fuerte comercial.	
Razón		
10	<b>Colocación de la lanza.</b>	
Punto Clave/ Peligro	Tras la limpieza de la lanza ya está lista para volver a colocarla, tal y como se ha descrito anteriormente.	
Razón	Cambio de lanza	
11	<b>Recogida de material y bajada de la torre.</b>	
Punto Clave/ Peligro	Tras la limpieza de la lanza ya está lista para volver a colocarla, tal y como se ha descrito anteriormente.	
Razón	Orden y limpieza	

# **ANEXO 10: HOJAS DE CÁLCULO UTILIZADAS.**

	3ª planta lado control	3ª planta lado control	3ª planta lado Gádor	3ª planta lado Gádor	2ª planta lado control	2ª planta lado control	3ª planta lado Parque	3ª planta lado Parque	3ª planta lado Almería	3ª planta lado Almería	2ª planta lado parque	2ª planta lado parque
Fecha prueba	11/07/2018	11/07/2018	11/07/2018	11/07/2018	11/07/2018	11/07/2018	01/08/2018	01/08/2018	01/08/2018	01/08/2018	01/08/2018	01/08/2018
Hora inicio	10:10	10:16	10:25	10:43	10:58	11:13	10:24	10:37	10:47	10:52	11:00	11:10
Hora fin	10:13	10:20	10:28	10:45	11:00	11:14	10:27	10:40	10:50	10:54	11:02	11:13
Alimentación horno t/h	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Producción del horno t/h	76,4	76,4	76,4	76,4	76,4	76,4	76,4	76,4	76,4	76,4	76,4	76,4
Consumo calorífico kcal / kg ck	930	930	930	930	930	930	930	930	930	930	930	930
Caudal gases combustión en torre Nm <sup>3</sup> /h seco	128.395	129.917	128.395	128.395	127.649	126.911	124.751	123.354	128.395	129.917	129.151	127.649
<b>O<sub>2</sub></b> Oxígeno medido	4,7	4,9	4,7	4,7	4,6	4,5	4,2	4,0	4,7	4,9	4,8	4,6
<b>O<sub>2</sub></b> % seco	4,7	4,9	4,7	4,7	4,6	4,5	4,2	4,0	4,7	4,9	4,8	4,6
<b>NO</b> ppm NO seco	1090	1171	1082	1315	1060	982	911	1091	1172	1218	902	1173
<b>HUMEDAD</b> %	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>NOX</b> mg NO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> dry @ 10% O <sub>2</sub>	1508	1640	1497	1819	1458	1342	1223	1447	1621	1706	1256	1613
<b>O<sub>2</sub></b> %	9,20	9,36	9,39	9,16	9,54	9,28	8,22	8,34	8,83	8,90	8,85	8,80
<b>O<sub>2</sub></b> % seco	10,5	10,7	10,7	10,5	10,9	10,6	9,6	9,7	10,2	10,2	10,2	10,1
<b>NO</b> mg NO / Nm <sup>3</sup> b.h. O <sub>2</sub> chim	504	461	410	478	459	318	413	453	612	500	434	500
<b>HUMEDAD</b> %	12,58	12,39	12,27	12,55	12,21	12,52	14,32	14,31	13,56	12,96	13,26	12,81
<b>NOX</b> mg NO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> dry @ 10% O <sub>2</sub>	928	860	766	876	870	590	713	791	1107	899	782	887
<b>Caudal de gases</b> m <sup>3</sup> /h bh O <sub>2</sub> chim	441.334	442.224	441.028	441.568	444.514	440.320	448.595	449.126	472.638	473.651	471.443	473.176
<b>Tª gases</b> °C	209	209	209	209	209	209	212	211	211	211	211	212
<b>Caudal de gases</b> Nm <sup>3</sup> dry @ 10% O <sub>2</sub>	300.026	304.626	303.964	298.675	311.098	301.556	284.216	288.623	314.565	313.357	312.329	308.078
Rendimiento abatimiento Nox	38%	48%	49%	52%	40%	56%	42%	45%	32%	47%	38%	45%
Caudal de solución reductora l/h	200	300	200	300	200	300	200	300	200	300	200	300
Densidad solución reductora kg/l @ 20°C	0,910	0,910	0,910	0,910	0,910	0,910	0,910	0,910	0,910	0,910	0,910	0,910
Concentración amoniaco %	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
Caudal masico de amoniaco kg/h	45,5	68,25	45,5	68,25	45,5	68,25	45,5	68,25	45,5	68,25	45,5	68,25
kmol NH <sub>3</sub>	2,68	4,01	2,68	4,01	2,68	4,01	2,68	4,01	2,68	4,01	2,68	4,01
kmol N - NH <sub>3</sub>	2,68	4,01	2,68	4,01	2,68	4,01	2,68	4,01	2,68	4,01	2,68	4,01
Total kmol N	2,68	4,01	2,68	4,01	2,68	4,01	2,68	4,01	2,68	4,01	2,68	4,01
Caudal de gases en intercambiador Nm <sup>3</sup> /h dry @ 10% O <sub>2</sub>	86.647	88.763	86.647	86.647	85.618	84.608	81.682	79.817	86.647	88.763	87.695	85.618
Emisión de NOx a la entrada del horno mg NO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> @ 10%	1508	1640	1497	1819	1458	1342	1223	1447	1621	1706	1256	1613
Emisión de NOx a la salida de la torre mg NO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> @ 10%	928	860	766	876	870	590	713	791	1107	899	782	887
Reducción kg NO <sub>2</sub> /h	50,2	69,2	63,4	81,7	50,3	63,6	41,7	52,3	44,5	71,6	41,6	62,2
kmol NO <sub>2</sub> /h	1,09	1,50	1,38	1,78	1,09	1,38	0,91	1,14	0,97	1,56	0,90	1,35
kmol N - Nox descomposición kmol N/h	1,09	1,50	1,38	1,78	1,09	1,38	0,91	1,14	0,97	1,56	0,90	1,35
<b>% eficiencia N/N</b>	40,8	37,5	51,5	44,3	40,8	34,5	33,8	28,3	36,2	38,8	33,8	33,7

	3ª planta lado control	3ª planta lado control	3ª planta lado Gádor	3ª planta lado Gádor	2ª planta lado control	2ª planta lado control	3ª planta lado Parque	3ª planta lado Parque	3ª planta lado Almería	3ª planta lado Almería	2ª planta lado parque	2ª planta lado parque	
Fecha prueba	01/08/2018	01/08/2018	02/08/2018	02/08/2018	02/08/2018	02/08/2018	02/08/2018	02/08/2018	01/08/2018	01/08/2018	02/08/2018	02/08/2018	
Hora inicio	12:59	13:03	12:52	12:59	13:23	13:28	13:39	13:46	13:10	13:33	13:04	13:17	
Hora fin	13:01	13:05	12:55	13:02	13:26	13:31	13:42	13:49	13:13	13:36	13:07	13:20	
Alimentación horno	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	
Producción del horno	76,4	76,4	76,4	76,4	76,4	76,4	76,4	76,4	76,4	76,4	76,4	76,4	
Consumo calorífico	930	930	930	930	930	930	930	930	930	930	930	930	
Caudal gases combustión en torre	Nm <sup>3</sup> /h seco	128.171	130.380	125.248	128.395	124.751	126.911	131.397	130.458	129.533	133.156	126.692	126.038
O <sub>2</sub> Oxígeno medido	% seco	4,7	5,0	4,3	4,7	4,2	4,5	5,1	5,0	4,9	5,3	4,5	4,4
O <sub>2</sub> % seco		4,7	5,0	4,3	4,7	4,2	4,5	5,1	5,0	4,9	5,3	4,5	4,4
NO ppm NO seco		1096	1300	1036	1057	956	892	1140	1010	1300	1603	1006	1012
HUMEDAD %		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NOX mg NO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> dry @ 10% O <sub>2</sub>		989	1828	1396	1462	1283	1219	1616	1421	1815	2304	1372	1373
O <sub>2</sub> % seco		9,07	8,99	7,91	7,91	9,54	9,28	8,17	8,06	9,20	9,45	7,92	7,86
O <sub>2</sub> % seco		10,3	10,2	9,3	9,3	11,2	10,9	9,6	9,5	10,4	10,7	9,3	9,2
NO mg NO / Nm <sup>3</sup> b.h. O <sub>2</sub> chim		566	641	504	543	450	486	605	601	665	870	478	464
HUMEDAD %		11,81	11,87	14,90	14,85	15,00	15,05	14,80	14,86	11,89	12,00	14,98	15,00
NOX mg NO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> dry @ 10% O <sub>2</sub>		659	1136	853	918	913	958	1050	1032	1206	1625	812	783
Caudal de gases m <sup>3</sup> /h bh O <sub>2</sub> chim		479.323	441.334	400.861	402.759	400.710	403.078	393.714	403.571	475.593	476.520	464.584	450.099
Tª gases	°C	212	209	211	209	209	209	219	219	211	211	220	220
Caudal de gases Nm <sup>3</sup> dry @ 10% O <sub>2</sub>		314.061	288.706	249.690	251.470	300.214	293.186	247.181	250.856	317.189	327.419	284.865	274.442
Rendimiento abatimiento Nox	%	33%	38%	39%	37%	29%	21%	35%	27%	34%	29%	41%	43%
Caudal de solución reductora	l/h	200	300	200	300	200	300	200	300	200	300	200	300
Densidad solución reductora	kg/l @ 20°C	0,910	0,910	0,910	0,910	0,910	0,910	0,910	0,910	0,910	0,910	0,910	0,910
Concentración amoniaco	%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%
Caudal masico de amoniaco	kg/h	13,65	20,475	13,65	20,475	13,65	20,475	13,65	20,475	13,65	20,475	13,65	20,475
kmol NH <sub>3</sub>	kmol NH <sub>3</sub> /h	0,80	1,20	0,80	1,20	0,80	1,20	0,80	1,20	0,80	1,20	0,80	1,20
kmol N - NH <sub>3</sub>	kmol N/h	0,80	1,20	0,80	1,20	0,80	1,20	0,80	1,20	0,80	1,20	0,80	1,20
Concentración urea	%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%
Caudal masico de urea	kg/h	25,48	38,22	25,48	38,22	25,48	38,22	25,48	38,22	25,48	38,22	25,48	38,22
kmol NH <sub>2</sub>	kmol NH <sub>3</sub> /h	0,42	0,64	0,42	0,64	0,42	0,64	0,42	0,64	0,42	0,64	0,42	0,64
kmol N - NH <sub>2</sub>	kmol N/h	0,85	1,27	0,85	1,27	0,85	1,27	0,85	1,27	0,85	1,27	0,85	1,27
Total kmol N	kmol N/h	1,65	2,48	1,65	2,48	1,65	2,48	1,65	2,48	1,65	2,48	1,65	2,48
Caudal de gases en intercambiador	Nm <sup>3</sup> /h dry @ 10%O <sub>2</sub>	86.337	89.413	82.351	86.647	81.682	84.608	90.846	89.522	88.227	93.353	84.308	83.419
Emisión de NOx a la entrada del horno	mg NO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> @ 10%	989	1828	1396	1462	1283	1219	1616	1421	1815	2304	1372	1373
Emisión de NOx a la salida de la torre	mg NO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> @ 10%	659	1136	853	918	913	958	1050	1032	1206	1625	812	783
Reducción	kg NO <sub>2</sub> /h	28,5	61,8	44,7	47,1	30,2	22,1	51,4	34,8	53,8	63,4	47,3	49,2
	kmol NO <sub>2</sub> /h	0,95	1,34	0,97	1,02	0,66	0,48	1,12	0,76	1,17	1,38	1,03	1,07
kmol N - Nox descomposición	kmol N/h	0,95	1,34	0,97	1,02	0,66	0,48	1,12	0,76	1,17	1,38	1,03	1,07
% eficiencia N/N		57,6	54,2	58,9	41,3	39,7	19,4	67,7	30,5	70,8	55,6	62,2	43,1



**ANEXO 11: FICHA TÉCNICA SOLUCIÓN  
AMONICAL 25%. FERTIBERIA.**






**ANEXO 12: FICHA DE SEGURIDAD**  
**SOLUCIÓN AMONIACAL 25%.**  
**FERTIBERIA.**

# Ficha de Datos de Seguridad

De acuerdo con el Reglamento (UE) N ° 830/2015 de la Comisión

Fecha de edición 11/06/2018  
 Edición 7  
 Fecha de revisión 05/07/2018  
 Revisión 8

## Solución Amoniacal (20 - <25%)

SECCIÓN 1		Identificación de la sustancia o de la mezcla y de la sociedad o la empresa			
1.1	Identificador del producto				
	Nombre comercial del producto	Solución Amoniacal			
	Nombre químico	Amoniacal en solución (20-<25% de NH3)			
	Sinónimos	Amoniacal licor, agua amoniacal, amoniacal acuoso			
	Formulación química	NH3+H2O			
	Número de índice EU (Anexo 1)	No aplica			
	CE No	No aplica			
	CAS No.	No aplica			
	REACH o Número nacional de registro del producto	No aplica			
1.2	Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados				
	Usos identificados	Fertilizante, tratamiento de aguas residuales, producto químico de laboratorio, materiales de construcción, auxiliar de proceso en la industria de alimentación, auxiliar en revestimientos, pinturas, disolventes, etc.			
	Usos desaconsejados				
1.3	Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad				
	Nombre de la compañía	FERTIBERIA. S.A.			
	Dirección de la compañía	Paseo de la Castellana, 259 D. Plantas 47 y 48 - 28046 Madrid			
	Teléfono de la compañía	Central: 91.586.62.00; Fábrica de Avilés: 985.57.78.50; Fábrica de Puertollano: 926.44.93.00; Fábrica de Sagunto: 962.69.90.04			
	e-mail de la compañía para FDS	<a href="mailto:reachfertiberia@fertiberia.es">reachfertiberia@fertiberia.es</a>			
1.4	Teléfono de urgencias	Fábrica de Avilés: 985.57.78.50; Fábrica de Puertollano: 926.44.93.00; Fábrica de Sagunto: 962.69.90.04			
SECCIÓN 2		Identificación de los peligros			
2.1	Clasificación de la sustancia o de la mezcla*	De acuerdo con el Reglamento CE 1272/2008 [CLP] Skin corr. 1C; H314* Eye Dam. 1; H318 Acute Tox. 4; H302 STOT SE 3; H335 Aquatic Chronic 3; H412			
		*Nota: La clasificación Skin corr. 1C es la que se corresponde con el grupo de embalaje III del ADR del UN2672.			
2.2	Elementos de la etiqueta	Pictogramas	Palabra de advertencia	Indicaciones de peligro	Consejos de Prudencia
			Peligro	H314 H302 H335 H412	P260 P303+P361+P353 P305+P351+P338 P310 P405 P501
2.3	Otros peligros				
	Criterio PBT/mPmB	De acuerdo con el anexo XIII del Reglamento (CE) nº 1907/2006, no es PBT ni mPmB por ser sustancia inorgánica.			
	Otros peligros que no implican la clasificación del producto				
	Peligros físicos y químicos	El amoniacal puede ser liberado de la solución. Al aire libre la mezcla de amoniacal y aire está generalmente fuera de los límites de inflamabilidad; por lo tanto el riesgo de incendio o explosión en estas condiciones es insignificante. En espacios confinados puede haber riesgo de explosión si hay una fuente de ignición. La explosión de un contenedor puede suceder si se encuentra sometido a condiciones de fuego o calentamiento.			
	Peligros para la salud	Ingestión: La ingestión causará corrosión y daño en el tracto gastro-intestinal.			
* Para conocer el significado completo de los indicaciones de peligro (H): ver SECCIÓN 16					

## Solución Amoniacal (20 - <25%)

SECCIÓN 3 Composición/información sobre los componentes								
3.2	Nombre	%(p/p)	N° CAS	Nombre IUPAC	N° Índice R.1272/2008	N° Registro REACH	Clasificación Rgto. 1272/2008	Límites de concentración específicos
	Amoniaco Anhidro	≥ 20% y < 25%	7664-41-7	Ammonia	007-001-00-5	01-2119488876-14-0038	Flam. Gas 2; H221 Press. Gas C; H280 Acute Tox. 3; H331 Skin Corr. 1B; H314 Aquatic Acute 1; H400 Aquatic Chronic 2; H411 EUH071	<u>1.0≤C&lt;5.0:</u> Skin Irrit. 2; H315 <u>C≥ 5.0:</u> Skin Corr. 1B; H314; STOT Single Exp. 3; H335 <u>2.5≤C&lt;25.0:</u> Aquatic Chronic 3; H412 <u>C≥25.0:</u> Aquatic Acute 1; H400; Aquatic Chronic 2; H411

## Solución Amoniaca (20 - <25%)

SECCIÓN 4 Primeros auxilios		
4.1	<b>Descripción de los primeros auxilios</b>	
	<b>General</b>	En el aire libre es improbable encontrar altas concentraciones de amoníaco.
	<b>Inhalación</b>	En caso de accidente por inhalación, traslade a la persona afectada al aire libre y haga que descansa. Tumbela a la persona afectada en posición de recuperación, cúbrala y no permita que se enfríe. Si es preciso y hay personal competente suministre oxígeno. Aplique respiración artificial si la respiración a parado o muestra signos de fallo. Lleve a la persona afectada al hospital cuanto antes.
	<b>Ingestión</b>	Lleve a la persona afectada al hospital cuanto antes. NO provoque vómitos. Si la persona está consciente lave la boca con agua dar a beber dos o tres vasos de agua. Si la persona afectada está inconsciente pero respira, proporciónale oxígeno o respiración artificial si lo necesita.
	<b>Contacto con la piel</b>	Lávese con abundante agua. Quítese la ropa y los zapatos contaminados de inmediato y continúe lavando las partes afectadas. Lleve a la persona afectada al hospital cuanto antes.
	<b>Contacto con los ojos</b>	Irrigue inmediatamente los ojos con solución lavavojos o limpie con agua durante al menos 15 minutos. Mantenga los párpados abiertos durante el lavado.
4.2	<b>Principales síntomas y efectos, agudos y retardados</b>	
		Puede presentar daño ocular progresivo. Mantener bajo vigilancia médica ante la posibilidad de problemas bronquiales, traqueales o edema pulmonar. La ropa contaminada puede contener y desprender amoníaco.
4.3	<b>Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente</b>	
		Después de una exposición severa, el paciente debe mantenerse en observación durante al menos 48 h. Se puede presentar edema pulmonar retardado.
SECCIÓN 5 Medidas de lucha contra incendios		
5.1	<b>Medios de extinción</b>	
	<b>Medios de extinción adecuados</b>	Los medios apropiados pueden incluir agua pulverizada, CO <sub>2</sub> , niebla de agua o espuma.
	<b>Medios de extinción que no deben usarse</b>	
5.2	<b>Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla</b>	
	<b>Peligros especiales</b>	La disolución no es inflamable. El amoníaco se puede liberar de la disolución pero es improbable que en el aire libre la mezcla amoníaco aire se encuentre dentro de los límites de inflamabilidad. En espacios confinados puede alcanzarse los límites de inflamabilidad. Un recipiente cerrado conteniendo solución amoniacal puede explotar si se expone al fuego o se calienta.
	<b>Peligros de la descomposición térmica ó de la combustión del producto</b>	Puede producir amoníaco y óxidos de nitrógeno.
5.3	<b>Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios</b>	
	<b>Métodos específicos de lucha contra incendios</b>	Regar los recipientes, tanques y estructuras con agua pulverizada para mantenerlos fríos. Elimine los gases/vapores/neblinas con un chorro de agua pulverizada. Evite la inhalación de vapores o humos procedentes del incendio. Actuar desde una posición a espaldas del viento. Evite cualquier contacto con agua contaminada. Una vez extinguido el incendio, limpie rápidamente las superficies que han estado expuestas a los humos para reducir en lo posible los daños en el equipo. Tome las medidas necesarias para que el agua contaminada procedente del incendio no produzca daños medioambientales.
	<b>Protección especial en la lucha contra incendios</b>	Utilice aparatos de respiración individuales y traje de protección. Los bomberos deben llevar un equipo personal de protección resistente al fuego y a los productos químicos.
SECCIÓN 6 Medidas en caso de vertido accidental		
6.1	<b>Precauciones personales, equipos de protección y procedimientos de emergencia</b>	
		Evitar contacto con piel y ojos y la inhalación de vapores. Las personas que intervengan en una liberación importante deberán utilizar traje hermético y protección respiratoria. Actuar desde una posición a espaldas del viento. Evacuar el área situada aguas abajo del punto de emisión y la dirección del viento, siempre que se pueda y sea seguro. Si no, quedarse dentro de la zona, cerrar todas las ventanas y parar los ventiladores y equipos eléctricos. Aislar el origen de las fugas y derrames, lo más rápidamente posible, por personal entrenado siempre que sea seguro. Ventilar el área de derrame o goteos para dispersar los vapores.
6.2	<b>Precauciones relativas al medio ambiente</b>	
		Evitar que llegue a redes de alcantarillado y aguas superficiales o profundas, ya que grandes cantidades pueden producir eutrofización. Contener los derrames donde sea posible y seguro. En caso de contaminación accidental de redes de alcantarillado o cauces, informar a las autoridades locales inmediatamente.
6.3	<b>Métodos y material de contención y de limpieza</b>	
		Recuperar el derrame mediante bombeo si es posible. En caso contrario diluir con agua o neutralizar el derrame antes de su eliminación.
6.4	<b>Referencia a otras secciones</b>	
		Ver sección 1 para datos de contacto sección 8 para los equipos de protección personal y sección 13 para la eliminación de residuos
SECCIÓN 7 Manipulación y almacenamiento		
<b>La información contenida en esta sección es genérica. Para cada uno de los usos ver escenarios de exposición.</b>		
7.1	<b>Precauciones para una manipulación segura</b>	
		Evitar el contacto con la piel y los ojos, así como la inhalación de los vapores. Proporcionar una ventilación adecuada. Utilizar protección de los ojos y las manos cuando se manejen pequeñas cantidades. Utilizar ropa de protección cuando exista riesgo de salpicadura o derrame. Tener precaución al abrir los recipientes sellados (Puede haber sobrepresión).

## Solución Amoniaca (20 - <25%)

7.2	<b>Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades</b>	
		Almacenar en zonas frías y bien ventiladas, evitando los focos de calor, de ignición y la luz solar directa. Alejar de las sustancias incompatibles (ver sección 10). Proteger los recipientes de la corrosión y los daños físicos. No permitir fumar en el área de almacenamiento.
	<b>Materiales de embalaje recomendados</b>	Los materiales apropiados para los recipientes son: acero al carbono, acero inoxidable, polietileno, polipropileno.
7.3	<b>Usos específicos finales</b>	
		Ver sección 1.2 y anexos para los escenarios de exposición.

*Nota : estabilidad y reactividad, ver Sección 10*

### SECCIÓN 8 Controles de exposición/protección individual

8.1	<b>Parámetros de control</b>							
	<b>Valores límite de exposición</b>		<b>Componente</b>	<b>CAS</b>				
			Amoniaco anhidro	7664-41-7	VLA-ED (TWA): Exposición de 8 horas: 14 mg/m <sup>3</sup> y 20ppm VLA-EC (STEL): Exposición a corto plazo: 36 mg/m <sup>3</sup> y 50ppm			
	<b>Derivado del ISQ</b>	<b>DNEL</b>	<b>Trabajador</b>			<b>consumidor</b>		
				<b>sistémico</b>	<b>industrial</b>	<b>profesional</b>		
			<b>oral</b>	corto plazo largo plazo	No aplica	No aplica	6,8 mg / Kg pc / día	
			<b>inhalatorio</b>	corto plazo largo plazo	47,6 mg / m <sup>3</sup>	47,6 mg / m <sup>3</sup>	23,8 mg / m <sup>3</sup>	
		<b>dermal</b>	corto plazo largo plazo	6,8 mg / Kg pc / día	6,8 mg / Kg pc / día	68 mg / Kg pc / día		
		<b>PNEC</b>	<b>agua</b>	<b>aire</b>	<b>suelo</b>	<b>microbiológica</b>	<b>sedimento</b>	<b>oral</b>
			Agua dulce: 0,0011 mg/l (amoniaco libre) Agua de mar: 0,0011 mg/L Fugas intermitentes: 0,089 mg/L	No disponible	No requerido	No requerido	No requerido	No requerido
8.2	<b>Controles de la exposición</b>							
	<b>Medidas de ingeniería y controles higiénicos</b>		Proporcionar ventilación por extracción localizada, donde sea adecuado. Proporcionar equipos lavajos y duchas de seguridad en cualquier lugar donde se pueda producir contacto con los ojos ó la piel. Durante la manipulación no coma, no beba o fume. Lávese las manos después de manipular el producto y antes de comer, beber o fumar. Utilice el lavabo al finalizar la jornada laboral.					
	<b>Protección individual</b>							
		<b>Ojos</b>	Usar gafas de seguridad química ó mascarara bucofacial homologadas					
		<b>Piel y cuerpo</b>	Usar ropa de protección (EN 14605) y botas, resistentes a agentes químicos.					
		<b>Manos</b>	Siempre que se maneje solución amoniaca se debe usar guantes resistentes a los agentes químicos.					
		<b>Respiratorio</b>	Si los niveles de exposición exceden o pueden exceder de los límites de exposición recomendados, usar aparatos de respiración adecuados e.j. mascararas bucofaciales equipadas con filtros tipo K, equipo de respiración autónoma...					
		<b>Térmicos</b>						
	<b>Control de la exposición del medio ambiente</b>		Ver sección 6.					
	<i>Los consejos relativos a la protección personal son válidos para altos niveles de exposición. Elegir las protecciones personales adaptadas a los riesgos de la exposición.</i>							

### SECCIÓN 9 Propiedades físicas y químicas


9.1	<b>Información sobre propiedades físicas y químicas básicas</b>	
	<b>Aspecto</b>	Líquido incoloro
	<b>Olor</b>	Característico, acre, sofocante.
	<b>Umbral olfativo</b>	0,6 a 53 ppm, con una media geométrica detectada de 17 ppm.
	<b>pH</b>	11.7 (conc. 1%)
	<b>Punto de fusión/punto de congelación</b>	-56°C (25% NH <sub>3</sub> ).
	<b>Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición</b>	38°C a 101.3kPa (25% NH <sub>3</sub> ).
	<b>Punto de inflamación</b>	No aplica.
	<b>Tasa de evaporación</b>	No disponible.
	<b>Inflamabilidad</b>	La inflamabilidad de los vapores amoniacaes en el aire se encuentra entre el 16 - 26 % (v/v) a presión y temperatura ambiente. Algunas soluciones amoniacaes (ej. 26% (p/p)) tiene una presión de vapor tal que la composición de equilibrio en el aire puede estar dentro de los límites de explosividad.
	<b>Límites superior/inferior de inflamabilidad</b>	Para la mezcla de vapores amoniacaes secos y aire. 16-26 % v/v (temperatura y presión ambiente) 13-34 % v/v (a 300 °C y presión atmosférica) 11-37% v/v (a 400 °C y presión atmosférica)
	<b>Presión de vapor a 20°C</b>	12 kPa (10% NH <sub>3</sub> ) 48 kPa (25% NH <sub>3</sub> )
	<b>Densidad de vapor</b>	No disponible
	<b>Densidad del líquido</b>	0.91 g/cm <sup>3</sup> (25 % NH <sub>3</sub> )
	<b>Solubilidad en agua</b>	Soluble en todas proporciones
	<b>Coefficiente de reparto n-octanol/agua</b>	No aplica.
	<b>Temperatura de auto-inflamación</b>	651 °C (vapores amoniacaes secos)
	<b>Temperatura de descomposición</b>	No disponible
	<b>Viscosidad</b>	No disponible
	<b>Propiedades explosivas</b>	No es explosivo
	<b>Propiedades comburentes</b>	No es comburente
9.2	<b>Información adicional</b>	
	<b>Miscibilidad</b>	Alcohol, Cloroformo, Éter



## Solución Amoniaca (20 - <25%)

SECCIÓN 10 Estabilidad y reactividad						
10.1	Reactividad	Térmicamente estable en términos de reacción bajo condiciones de almacenamiento de diseño. El aporte de calor puede causar la vaporización del líquido.				
10.2	Estabilidad química	Térmicamente estable bajo condiciones normales de almacenamiento.				
10.3	Posibilidad de reacciones peligrosas	Bajo condiciones normales almacenamiento, manipulación y uso, no sucederán reacciones peligrosas.				
10.4	Condiciones que deben evitarse	Fuentes de calor, luz solar directa y daños físicos en el contenedor.				
10.5	Materiales incompatibles	Puede reaccionar violentamente en contacto con ácido, fuertes oxidantes, halógenos, acroleína, ácido acrílico, sulfato de dimetilo, nitrato de plata, óxido de plata, hipoclorito, mercurio, etc. Las soluciones de amoníaco son corrosivas para el cobre, zinc, aluminio y sus aleaciones				
10.6	Productos de descomposición peligrosos	Si se calienta la solución desprenderá vapores de amoníaco. Para casos de incendio, consulte la sección 5.				
SECCIÓN 11 Información toxicológica						
11.1	Información sobre los efectos toxicológicos					
<b>Toxicidad aguda</b>						
	Componente	Nº CAS	Método	Especies	Vía	Resultado
	Amoniaco anhidro	7664-41-7	OECD 401	rata rata rata	oral cutánea inhalación	DL50: 350 mg / Kg pc. Para una solución amoniaca. DL50: No disponible al tratarse de un corrosivo para la piel. CL50: rata macho y hembra entre 10 y 60 min: 28130 - 11590 mg/m3.
<b>Corrosión o irritación cutáneas</b>						
	Componente	Nº CAS	Método	Especies	Vía	Resultado
	Amoniaco anhidro	7664-41-7		Humano	cutánea respiratoria	Corrosivo. Irritante.
<b>Lesiones oculares graves o irritación ocular</b>						
	Componente	Nº CAS	Método	Especies	Vía	Resultado
	Amoniaco anhidro	7664-41-7				Muy irritante. Por ser corrosivo para la piel.
<b>Sensibilización respiratoria o cutánea</b>						
	Componente	Nº CAS	Método	Especies	Vía	Resultado
	Amoniaco anhidro	7664-41-7			cutánea respiratoria	No sensibilizante. No sensibilizante.
<b>Mutagenicidad en células germinales</b>						
	Componente	Nº CAS	Método	Especies		Resultado
	Amoniaco anhidro	7664-41-7	OECD 471 OECD 474	bacterias células de mamífero		Negativo. No mutagénico. Negativo. No mutagénico.
<b>Carcinogenicidad</b>						
	Componente	Nº CAS	Método	Especies	Vía	Resultado
	Amoniaco anhidro	7664-41-7	OECD 453	rata	oral respiratoria cutánea otras rutas	NOAEL: 67 mg/kg pc/d. No cancerígena. Los datos correspondientes a las vías respiratorias, cutáneas y otras, no están disponibles; la carcinogénesis de la sustancia ha sido investigado por vía oral.
<b>Toxicidad para la reproducción</b>						
	Componente	Nº CAS	Método	Especies	Vía	Resultado
	Amoniaco anhidro	7664-41-7	OECD 422	rata	oral  oral respiratoria	-Efectos sobre la fertilidad: NOAEL: 408 mg/kg pc/d. No tóxico. -Toxicidad para el desarrollo: NOAEL: 100 mg/kg pc/d NOAEC: 25 mg/m3
<b>Toxicidad específica en determinados órganos (STOT) - exposición única y repetida</b>						
	Componente	Nº CAS	Método	Especies	Vía	Resultado
	Amoniaco anhidro	7664-41-7				Datos concluyentes, pero no suficientes para la clasificación (no clasificado) ; Dosis de efecto oral sub-aguda: 68 mg/kg pc/d; Dosis inhalatoria sub-crónica: 63mg/m3
<b>Peligro de aspiración</b>						
	Componente	Nº CAS	Método	Especies	Vía	Resultado
	Amoniaco anhidro	7664-41-7				Datos concluyentes, pero no suficientes para la clasificación (No clasificado)
SECCIÓN 12 Información ecológica						
12.1	Toxicidad					
<b>Toxicidad acuática</b>						
	Componente	Nº CAS		Peces ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	Crustáceos ( <i>Daphnia magna</i> )	Algas ( <i>Chlorella vulgaris</i> )
	Amoniaco anhidro	7664-41-7	Corto plazo	CL50(96h) = 0,89 mg/l de amoníaco no ionizado.	CL50 (48h) = 110 mg/l	CL50 (18 días) = 2700 mg/l
			Largo plazo	LOEC(73días) = 0,022 mg/l	NOEC (96h) = 0,79 mg/l de amoníaco no ionizado	No disponible
<b>Toxicidad Terrestre</b>						
	Componente	Nº CAS	Macroorganismos	Microorganismos	Otros organismos	
	Amoniaco anhidro	7664-41-7	No tóxico	No tóxico	No requerido	
<b>Actividad microbiológica en plantas de tratamiento de aguas residuales</b>						
	Componente	Nº CAS	Toxicidad a microorganismos acuáticos			
	Amoniaco anhidro	7664-41-7	No requerido			
12.2	Persistencia y degradabilidad					
	Componente	Nº CAS				
	Amoniaco anhidro	7664-41-7	No se considera persistente y presenta una biodegradabilidad rápida en sistemas acuáticos. En entornos abióticos, las algas acuáticas y macrofitos asimilan el amoníaco para usarlo como fuente de nitrógeno.			

## Solución Amoniaca (20 - <25%)

<b>12.3</b>	<b>Potencial de bioacumulación</b>							
	<b>Componente</b>	<b>Nº CAS</b>	<b>Coefficiente de reparto octanol-agua (Kow)</b>	<b>Factor de bioconcentración (BCF)</b>	<b>Observaciones</b>			
	Amoniaco anhidro	7664-41-7	No aplica. Sustancia inorgánica.	-	No cabe esperar que amoniaco se bioacumule. Es un producto del metabolismo normal.			
<b>12.4</b>	<b>Movilidad en el suelo</b>							
	<b>Componente</b>	<b>Nº CAS</b>	<b>Resultado</b>					
	Amoniaco anhidro	7664-41-7	Se espera poca movilidad en la tierra debido a la fuerte adsorción de los iones de amonio a los minerales de arcilla y a la oxidación bacteriana a nitratos. El amoniaco en la tierra se encuentra en equilibrio dinámico con los nitratos y otros sustratos en el ciclo del nitrógeno.					
<b>12.5</b>	<b>Resultados de la valoración PBT y mPmB</b>							
	No se requiere. Sustancia inorgánica.							
<b>12.6</b>	<b>Otros efectos adversos</b>							
	No hay más información.							
<b>SECCIÓN 13 Consideraciones relativas a la eliminación</b>								
<b>13.1</b>	<b>Métodos para el tratamiento de residuos</b>							
	Dependiendo del grado de contaminación, eliminar como fertilizante o en una instalación de residuos autorizada. Lista europea de residuos: 06 02 03* Hidróxido amónico. Envases: Vaciar y lavar. Gestionar como residuo no peligroso.							
<b>SECCIÓN 14 Información relativa al transporte</b>								
<b>14.1 - 14.6</b>	<b>Información Reglamentaria</b>	<b>Número ONU</b>	<b>Nombre propio del transporte</b>	<b>Clase</b>	<b>Grupo de embalaje</b>	<b>Etiqueta</b>	<b>Peligros para el medio ambiente</b>	<b>Precauciones particulares para los usuarios</b>
	ADR/RID ADNR IMDG IATA	UN 2672	Amoniaco en solución	8	III		NO	Número de Identificación de Peligro 80 Ver ADR/RID  Procedimientos de emergencia (FEm): F-A, S-B  Ver regulación OACI para limitación de cantidades
<b>14.7</b>	<b>Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio MARPOL y del Código IBC: No aplica</b>							
<b>SECCIÓN 15 información reglamentaria</b>								
<b>15.1</b>	<b>Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla</b>							
	Reglamento 2003/2003 (fertilizantes) Reglamento 1907/2006 (REACH) Reglamento 1272/2008 (CLP) MIE-APQ 006 (Almacenamiento de líquidos corrosivos) R.D. 374/2001 (Agentes químicos) R.D. 506/2013 (fertilizantes)							
<b>15.2</b>	<b>Evaluación de la seguridad química</b>							
	Evaluación de la Seguridad Química llevada a cabo para el Amoniaco anhidro							
<b>SECCIÓN 16 Otra información</b>								
	<b>Indicaciones de peligro</b>	H221: Gas inflamable. H280: Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento. H302: Nocivo en caso de ingestión. H314: Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves. H331: Tóxico en caso de inhalación. H335: Puede irritar las vías respiratorias. H400: Muy tóxico para los organismos acuáticos. H411: Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos. H412: Nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos. EUH071: Corrosivo para las vías respiratorias.						
	<b>Consejos de prudencia</b>	P102: Mantener fuera del alcance de los niños. P210: Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición. No fumar. P260: No respirar los vapores. P273: Evitar su liberación al medio ambiente. P280: Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección. P303+P361+P353: EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitarse inmediatamente las prendas contaminadas. Aclararse la piel con agua o ducharse. P304+P340: EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar. P305+P351+P338: EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando. P310: Llamar inmediatamente a un CENTRO de información toxicológica o a un médico. P377: Fuga de gas en llamas: No apagar, salvo si la fuga puede detenerse sin peligro. P403+P233: Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener el recipiente cerrado herméticamente. P405: Guardar bajo llave. P410+P403: Proteger de la luz del sol. Almacenar en un lugar bien ventilado. P501: Eliminar el contenido/el recipiente por gestor autorizado.						
	<b>Referencias bibliográficas y fuentes de datos</b>	Evaluación sobre la seguridad química de Amoniaco anhidro. Documentos Guía EFMA/FERTILIZER EUROPE; Datos de TFI HPV; NOTOX						
	<b>Abreviaturas y acrónimos</b>	VLA-ED: Valor límite ambiental (exposición diaria) VLA-EC: Valor límite ambiental (corta duración) NOAEL: Dosis sin efectos adversos observados DL50: Dosis letal 50% CL50: Concentración letal 50% DNEL: Concentración sin efecto derivado PNEC: Concentración prevista sin efectos LOEC: Concentración más baja de efectos observados NOEC: Concentración de efectos no observados NOAEC: Concentración de efectos adversos no observados						
	<b>Formación adecuada para los trabajadores</b>	Formación obligatoria en materia de prevención de riesgos laborales						
	<b>Fecha de la anterior FDS</b>	Versión 7 de fecha 11/06/2018						
	<b>Modificaciones introducidas en la revisión actual</b>	Apartado 2.1: Se cambia las clasificación Skin corr. 1B por Skin corr. 1C para hacerlo coincidir con el grupo de embalaje III.						
<b>Se adjuntan escenarios de exposición 4, 5 y 6</b>								
La información contenida en esta Ficha de Datos de Seguridad se da de buena fe y creyendo en su exactitud, en base al conocimiento que se dispone sobre el producto en el momento de su publicación. No implica la aceptación de ningún compromiso ni responsabilidad legal por parte de la Compañía por las consecuencias de su utilización o su mala utilización en cualesquiera circunstancias particulares.								

## Solución Amoniaca (20 - <25%)

### Anexos de la Ficha de Datos de Seguridad Escenario de Exposición 4

**1** Título del Escenario de Exposición

Uso industrial de amoníaco anhidro y acuoso como aditivo de procesamiento, aditivo funcional y agente auxiliar

**2** Descripción de las actividades o procesos cubiertos por el escenario de exposición

Sector de Uso (SU)	SU4, SU5, SU6a, SU6b, SU8, SU9, SU13, SU15, SU16, SU 23
Categoría de Producto (PC)	PC 1, PC 9a, PC 14, PC 15, PC 16, PC 20, PC 26, PC 29, PC 30, PC 34, PC 35, PC 37, PC 39, PC 40
Categoría del Proceso (PROC)	<p>PROC 1: Uso en procesos cerrados, exposición improbable</p> <p>PROC 2: Utilización en procesos cerrados y continuos con exposición ocasional controlada</p> <p>PROC 3: Uso en procesos por lotes cerrados (síntesis o formulación)</p> <p>PROC 4: Utilización en procesos por lotes y de otro tipo (síntesis) en los que se puede producir la exposición</p> <p>PROC 5: Mezclado en procesos por lotes para la formulación de mezclas y artículos (fases múltiples y/o contacto significativo)</p> <p>PROC 7: Pulverización industrial</p> <p>PROC 8b: Transferencia de sustancias o preparados (carga/descarga) de o hacia buques o grandes contenedores en instalaciones especializadas</p> <p>PROC 9: Transferencia de sustancias o preparados en pequeños contenedores (líneas de llenado especializadas, incluido el pesaje)</p> <p>PROC 10: Aplicación mediante rodillo o brocha</p> <p>PROC 13: Tratamiento de artículos mediante inmersión y derrame</p> <p>PROC 19: Mezclado manual con contacto estrecho y utilización únicamente de equipos de protección personal</p>
Categoría del Artículo (AC)	
Categoría de Emisión Ambiental (ERC)	<p>ERC 4: Uso industrial de aditivos en procesos y productos, que no forman parte de artículos</p> <p>ERC 5: Uso industrial que da lugar a la inclusión en una matriz</p> <p>ERC 6b: Uso industrial de aditivos del procesado reactivos</p> <p>ERC 7: Uso industrial de sustancias en sistemas cerrados</p>

Amoníaco anhidro líquido y las soluciones de amoníaco acuoso se utilizan en un gran número de aplicaciones de diversos sectores industriales. Entre ellos se incluyen los usos finales como auxiliar tecnológico y no tecnológico en procesos continuos o por lotes, así como agente auxiliar o como sustancia en un sistema cerrado. Los usos industriales comunes del amoníaco se muestran en la siguiente tabla:

Uso industrial	Tipo de uso					Descripción del uso
	Aditivo de procesamiento	Aditivo funcional	Aditivo de procesamiento reactivo	Agente auxiliar	Uso en sistema cerrado	
Uso como agente desarrollador en	X					El amoníaco se utiliza como agente desarrollador en procesos fotoquímicos como la impresión en blanco o azul y en el proceso de copiado diazo.
Uso de sistemas refrigerantes		X			X	El amoníaco anhidro líquido se utiliza como refrigerante en sistemas domésticos, comerciales e industriales debido al calor de su vaporización y a su relativa facilidad de licuefacción.
Productos aislantes		X				
Tinta y toners	X	X				Los vapores de amoníaco se utilizan como reactivo en el tratamiento de marcas de escritura o tinta.
Revestimientos, disolventes, decapantes	X	X				
Aditivo de procesamiento en la industria química			X			
Uso como agente de extracción			X			El amoníaco se utiliza como agente de extracción en la industria minera para obtener metales como el cobre, el níquel y el molibdeno de sus menas.
Tratamiento de gas (reducción de NOx y SOx)			X		X	El amoníaco se utiliza en sistemas de control de emisiones para neutralizar óxidos de azufre de la quema de combustibles con contenido de azufre, como método de control de NOx en aplicaciones catalíticas y no catalíticas y para mejorar la eficacia de los precipitadores electrostáticos para el control de partículas.
Aditivo de procesamiento			X		X	El sector alimentario utiliza el amoníaco como fuente de nitrógeno para levadura y microorganismos.
Uso como agente neutralizante			X		X	El amoníaco se utiliza en la industria petroquímica para neutralizar los ácidos del crudo y en la protección del equipo frente a la corrosión.
Tintes textiles		X				
Tratamiento de aguas	X		X			El amoníaco acuoso se utiliza en el tratamiento de agua y aguas residuales para controlar el pH, regenerar resinas de intercambio aniónico y como agente neutralizante en el tratamiento de agua hervida. En la desinfección del agua, el amoníaco acuoso se añade a agua con cloro para producir desinfectante de cloramina.
Uso como producto de limpieza e higiene	X		X			Las disoluciones poco cargadas de amoníaco se utilizan ampliamente en el sector, por parte de profesionales y consumidores como limpiador comercial y doméstico y como detergente. Los productos comerciales de limpieza de amoníaco contienen hasta un 30% de la sustancia, mientras que los domésticos llevan entre 5-10%.
Tratamiento de tejidos		X	X			El amoníaco líquido se utiliza para aumentar la calidad de los tejidos.
Tratamiento de pulpa y papel		X	X			El amoníaco se utiliza en la industria papelera para hacer pasta de la madera y como dispersante de caseína para recubrir papel.
Tratamiento de cuero		X	X			En el sector del cuero se utiliza el amoníaco como tratante, y como conservante frente a moho y mucosidad en los líquidos de curtido, y como protector del cuero y las pieles almacenados.
Tratamiento de madera	X		X			Los humos del amoníaco anhidro se utilizan para oscurecer la madera en un proceso llamado "vaporización con amoníaco".
Tratamiento de superficies metálicas	X		X			El amoníaco se utiliza en procesos de tratamiento de metales, como nitruración, carbonitruración, recocido brillante, soldadura de forja, sinterización, desoxidación con hidruro sódico, soldadura con hidrógeno atómico y otras aplicaciones en las que se precisan ambientes protegidos.
Tratamiento de goma o látex		X	X			El amoníaco acuoso concentrado se utiliza en el sector del caucho como conservante de látex natural y sintético debido a sus propiedades antibacterianas y alcalinas y como estabilizante para evitar la coagulación prematura ("amoníación") del látex de caucho natural.
Fabricación de semiconductores y				X		El amoníaco se utiliza en el sector de la electrónica para la fabricación de chips semiconductores.
Adhesivos, sellantes	X			X		
Preparados de polímeros	X			X		
Productos de tratamiento de aire.					X	
Conservantes		X				El amoníaco se utiliza como conservante para el almacenamiento de maíz con mucha humedad.

**2.1** Escenario contributivo (1) que controla la exposición medioambiental correspondiente al ES 4 (Escenario de Exposición 4)

Exposición medioambiental debida a los usos industriales de amoníaco anhidro y acuoso.

## Solución Amoniaca (20 - <25%)

La sección 2.1 describe las emisiones medioambientales que se pueden producir durante los usos industriales del amoníaco anhidro y acuoso. Estas emisiones podrían darse en forma de aguas residuales o emisiones a la atmósfera. Si las emisiones en las aguas residuales se producen en el propio lugar, será necesario una planta de tratamiento de aguas residuales industriales para evitar la contaminación aguas abajo.

En realidad, la eliminación del amoníaco en planta de tratamiento de aguas es altamente eficiente, ya que en primer lugar se elimina por nitrificación a nitrato y después por desnitrificación dando lugar a la liberación de nitrógeno gas. Se considera que si se emplean estos procesos, se producirá la eliminación total de las aguas residuales. Las emisiones a la atmósfera no deberían superar concentraciones de 30,5 mg/m<sup>3</sup>.

### Características del producto

El amoníaco anhidro es un gas incoloro a presión y temperatura ambiente, con una pureza típica de aproximadamente el 99,9%. Se ha indicado que la presión del vapor del amoníaco anhidro es de 8.611 hPa a 20 °C. El amoníaco anhidro es muy soluble en agua: 48.200-53.100 mg/l. El amoníaco anhidro se considera inflamable. El amoníaco acuoso formulado tiene una presión de vapor de 287 hPa y se considera fácilmente biodegradable.

### Cantidades utilizadas

Las plantas industriales pueden llegar a utilizar 25.000 toneladas al año, y en el total de la Unión Europea se utilizan aproximadamente 354.000 toneladas. De acuerdo con el documento de orientación de evaluación de riesgos de la Agencia, el número por defecto de días de emisión al año para este intervalo de tonelaje considerado es de 330/360.

### Frecuencia y duración del uso

Los trabajadores tienen turnos normales de 8 horas al día y trabajan 220 días al año. El potencial de exposición al amoníaco durante su uso industrial final se considera generalmente que es de corta duración y limitado.

### Factores medioambientales no influenciados por la gestión del riesgo

Caudal de las aguas receptoras, al menos 18.000 m<sup>3</sup> al día. Dilución considerada de las emisiones de la planta de tratamiento de aguas residuales a las aguas receptoras: al menos diez veces.

### Otras condiciones operativas dadas que repercuten en la exposición medioambiental

Los trabajadores están plenamente formados en el uso seguro de los sistemas adecuados para evitar fugas accidentales. Se emplean sistemas cerrados para evitar fugas no intencionadas.

### Condiciones y medidas técnicas a nivel de proceso (fuente) para impedir la emisión

Las tuberías de transporte y trasvase deben estar selladas. Debe haber planta de tratamientos de aguas residuales en las instalaciones industriales con el fin de eliminar las emisiones al medio ambiente a través de aguas residuales contaminadas.

### Condiciones y medidas técnicas in situ para reducir o limitar las emisiones a las aguas, a la atmósfera y al suelo

Las aguas residuales deben pasar por la planta de tratamiento de aguas residuales de la propia planta para una eliminación especializada. Las emisiones al aire resultantes de los procesos industriales o de la planta de tratamiento de aguas no deberían superar una concentración de 19,9 mg/m<sup>3</sup> en aire. Esto equivale aproximadamente a una fuga total a la atmósfera de 70000 kg/día. No se deben verter los lodos de la depuradora sobre el terreno. Cualquier residuo sólido debe enviarse a un vertedero, incineradora o planta de reciclaje.

### Medidas organizativas para evitar o limitar las emisiones del emplazamiento

Los trabajadores están plenamente formados/entrenados para prevenir fugas accidentales y la exposición puede monitorizarse para garantizar que las concentraciones en el aire estén dentro de los límites aceptables.

### Condiciones y medidas vinculadas a la planta depuradora municipal

No deben producirse emisiones directas a la estación municipal depuradora de aguas residuales (EDAR).

### Condiciones y medidas vinculadas al tratamiento externo de residuos para su eliminación

Los residuos se pueden enviar a una planta de tratamiento de residuos externa, tratar localmente o reciclar volviéndolo al proceso industrial. El lodo producido en la depuración se debe reciclar, incinerar o enviar a un vertedero.

### Condiciones y medidas vinculadas a la recuperación externa de residuos

No se ha previsto ninguna recuperación externa de residuos. El lodo residual se reduce e incinera y no se recogen las emisiones a la atmósfera.

## 2.2 Escenario contributivo (2) que controla la exposición de los trabajadores correspondiente al uso diario en procesos cerrados sin probabilidad de exposición.

Exposición de los trabajadores debida al uso diario en procesos cerrados sin probabilidad de exposición durante el uso industrial.

El apartado 2.2 describe la exposición potencial de los trabajadores durante el uso industrial del amoníaco en sistemas cerrados. Existen equipos personales de protección (EPI) y parámetros de control implementados

### Características del producto

El amoníaco anhidro es un gas incoloro a presión y temperatura ambiente, con una pureza normal de aproximadamente el 99,9%. Se ha indicado que la presión del vapor del amoníaco anhidro es de 8.611 hPa a 20 °C. El amoníaco anhidro es muy soluble en agua: 48.200-53.100 mg/l. El amoníaco anhidro se considera inflamable. El amoníaco acuoso formulado tiene una presión de vapor de 287 hPa y se considera fácilmente biodegradable.

### Cantidades utilizadas

Las plantas industriales pueden llegar a utilizar 25000 toneladas al año, y en el total de la Unión Europea se utilizan aproximadamente 354.000 toneladas. De acuerdo con el documento de orientación de evaluación de riesgos de la Agencia, el número por defecto de días de emisión al año para este intervalo de tonelaje considerado es de 330.

### Frecuencia y duración del uso o exposición

Los trabajadores tienen turnos normales de 8 horas al día y trabajan 220 días al año. El potencial de exposición al amoníaco durante su uso industrial se considera generalmente que es de corta duración y limitado.

### Factores humanos no influenciados por la gestión del riesgo

Volumen de la respiración durante el uso: 10 m<sup>3</sup>/d  
Área de contacto con la piel con la sustancia durante el uso: 480 cm<sup>2</sup> (valor por defecto que utiliza la herramienta de evaluación: ECETOC).

### Otras condiciones operativas dadas que repercuten en la exposición de los trabajadores

Los trabajadores están plenamente formados para prevenir fugas accidentales. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

### Condiciones y medidas técnicas a nivel de proceso (fuente) para impedir la emisión

Los sistemas y las tuberías de distribución deben estar cerrados y sellados. En los procesos llevados a cabo en interiores o en los casos en que la ventilación no sea suficiente, se deberá colocar un sistema de ventilación con extracción localizada. Los procesos realizados en exteriores no suelen necesitar un sistema de ventilación con extracción, pero se debería instalar un sistema de cierre.

### Condiciones y medidas técnicas para controlar la dispersión de la fuente con respecto a los trabajadores

Se debe tener un sistema de ventilación con extracción localizada durante las operaciones en interiores cuando la ventilación natural no es suficiente. Los reactores y las tuberías deben ser sistemas cerrados y sellados.

### Medidas organizativas para impedir o limitar las liberaciones, la dispersión y la exposición

Los trabajadores están plenamente formados en el uso seguro de la maquinaria relacionada con el uso industrial y sobre el uso apropiado del equipo personal de protección para evitar fugas accidentales o una exposición involuntaria. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

### Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Los usos industriales finales de las formas anhidro y acuosa del amoníaco precisan de equipo especial y sistemas de contención de gran integridad que eviten las posibilidades de exposición de los trabajadores. Las instalaciones pueden estar situadas en el exterior y los trabajadores, en habitaciones de control separadas sin contacto directo con las unidades de procesamiento químico. El potencial de exposición al amoníaco de los trabajadores industriales durante estos procesos es despreciable, puesto que se encuentran en una habitación de control separada.

Los trabajadores pueden estar potencialmente expuestos al amoníaco durante la realización de tareas en el campo (p. ej. al instalar válvulas, bombas o tanques, etc.). Todas las actividades se llevan a cabo en un sistema cerrado. Las tuberías y los recipientes están sellados y aislados, y la toma de muestras se realiza con un muestreador en circuito cerrado. En las aberturas y puntos donde puedan darse emisiones se proporciona sistemas de ventilación con extracción. El amoníaco se almacena en tanques y contenedores cerrados y se trasvasa en condiciones de confinamiento.

Todos los dispositivos tecnológicos tienen un certificado de calidad propio y superan con regularidad controles y mantenimiento para evitar fugas descontroladas de amoníaco y puntos donde puedan darse emisiones se proporciona una ventilación de extracción. El amoníaco anhidro se almacena en contenedores y tanques especiales. El amoníaco se trasvasa en condiciones de confinamiento. Durante las tareas de mantenimiento, se asegura un buen estándar de ventilación general o controlada. Se debe utilizar ropa de protección (p. ej.: protección para la cara, los ojos, casco, guantes, botas y una bata o mono de protección) cuando surja alguna posibilidad de que se produzca contacto.

Buenas prácticas en materia de higiene en el trabajo y medidas de control de la exposición están implementadas para minimizar la posible exposición a los trabajadores. Los trabajadores implicados en el uso final industrial del amoníaco están bien formados en estos procedimientos y en el uso del equipo de protección adecuado.

## 2.3 Escenario contributivo (3) que controla la exposición de los trabajadores correspondiente al uso diario del producto en procesos continuos cerrados con exposición ocasional (como la toma de muestras)

Exposición de los trabajadores debido al uso diario del producto en procesos continuos cerrados con exposición ocasional (como la toma de muestras).

## Solución Amoniaca (20 - <25%)

En la sección 2.3 se describe la posible exposición de los trabajadores durante el uso industrial de mezclas de amoníaco en sistemas cerrados con posibilidad de exposición ocasional durante tareas como la toma de muestras, la limpieza y el mantenimiento. La exposición puede darse por trabajar con el equipo de uso industrial, así como con la maquinaria relacionada con el mismo y durante la toma de muestras y limpieza rutinarias y las tareas ocasionales de mantenimiento.

Existen equipos personales de protección (EPI) y parámetros de control implementados en el lugar de trabajo para reducir el riesgo de exposición de los trabajadores que realizan estas tareas. Las soluciones elaboradas se almacenan y transportan como líquido presurizado por vía terrestre, marítima o ferrocarril en contenedores especializados y autorizados (como tanques y camiones cisterna con licencia para el transporte de amoníaco).

### Características del producto

El amoníaco anhidro es un gas incoloro a presión y temperatura ambiente, con una pureza típica de aproximadamente el 99,9%. Se ha indicado que la presión del vapor del amoníaco anhidro es de 8.611 hPa a 20 °C. El amoníaco anhidro es muy soluble en agua: 48.200-53.100 mg/l. El amoníaco anhidro se considera inflamable. El amoníaco acuoso formulado tiene una presión de vapor de 287 hPa y se considera fácilmente biodegradable.

### Cantidades utilizadas

Las plantas industriales pueden llegar a utilizar 25000 toneladas al año, y en el total de la Unión Europea se usan aproximadamente 354.000 toneladas. De acuerdo con el documento de orientación de evaluación de riesgos de la Agencia, el número por defecto de días de emisión al año para este intervalo de tonelaje considerado es de 330.

### Frecuencia y duración del uso o exposición

Los trabajadores tienen turnos normales de 8 horas al día y trabajan 220 días al año. El potencial de exposición al amoníaco durante su uso industrial se considera generalmente que es de corta duración y limitado.

### Factores humanos no influenciados por la gestión del riesgo

Volumen de la respiración durante el uso: 10 m<sup>3</sup>/d  
Área de contacto con la piel con la sustancia durante el uso: 480 cm<sup>2</sup> (valor por defecto que utiliza la herramienta de evaluación: ECETOC).

### Otras condiciones operativas dadas que repercuten en la exposición de los trabajadores

Los trabajadores están plenamente formados/entrenados para prevenir fugas accidentales. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

### Condiciones y medidas técnicas a nivel de proceso (fuente) para impedir la emisión

Los sistemas y las tuberías de distribución deben estar cerradas y selladas. En los procesos llevados a cabo en interiores o en los casos en que la ventilación no sea suficiente, se deberá colocar un sistema de ventilación con extracción localizada. Los procesos realizados en exteriores no suelen necesitar un sistema de ventilación con extracción, pero se debería instalar un sistema de cierre.

### Condiciones y medidas técnicas para controlar la dispersión de la fuente con respecto a los trabajadores

Se debe tener un sistema de ventilación con extracción localizada durante las operaciones en interiores cuando la ventilación natural no es suficiente. Los reactores y las tuberías deben ser sistemas cerrados y sellados.

### Medidas organizativas para impedir o limitar las liberaciones, la dispersión y la exposición

Los trabajadores están plenamente formados en el uso seguro de la maquinaria relacionada con el uso industrial y sobre el uso apropiado del equipo personal de protección para evitar fugas accidentales o una exposición involuntaria. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

### Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Los usos industriales finales de las formas anhidro y acuosa del amoníaco precisan de equipo especial y sistemas de contención de gran integridad que eviten las posibilidades de exposición de los trabajadores. Las instalaciones pueden estar situadas en el exterior y los trabajadores, en habitaciones de control separadas sin contacto directo con las unidades de procesamiento químico. El potencial de exposición al amoníaco de los trabajadores industriales durante estos procesos es despreciable, puesto que se encuentran en una habitación de control separada.

Los trabajadores pueden estar potencialmente expuestos al amoníaco durante la realización de tareas en el campo (p. ej. al instalar válvulas, bombas o tanques, etc.). Todas las actividades se llevan a cabo en un sistema cerrado. Las tuberías y los recipientes están sellados y aislados, y la toma de muestras se realiza con un bucle de muestras cerrado. En las aberturas y puntos donde puedan darse emisiones se proporciona ventilación con extracción. El amoníaco anhidro se almacena en contenedores y tanques especiales. El amoníaco se trasvasa en condiciones de contención. Durante las tareas de mantenimiento, se asegura un buen estándar de ventilación general o controlada. Se debe utilizar ropa de protección (p. ej.: protección para la cara, los ojos, casco, guantes, botas y una bata o mono de protección) cuando surja alguna posibilidad de que se produzca contacto.

Todos los dispositivos tecnológicos tienen un certificado de calidad propio y superan con regularidad controles y mantenimiento para evitar fugas descontroladas de amoníaco.

Se ponen en práctica buenas medidas higiénicas laborales y de control de exposición para minimizar la posible exposición de los trabajadores. Los trabajadores implicados en el uso industrial del amoníaco tienen una buena formación sobre los procedimientos necesarios y el uso del equipo de protección adecuado.

### 2.4 Escenario contributivo (4) que controla la exposición de los trabajadores correspondiente al uso diario en procesos por lotes o de otro tipo (síntesis) con cierto riesgo de exposición (como la toma de muestras, la limpieza o el mantenimiento)

Exposición de los trabajadores debida al uso diario en procesos por lotes o de otro tipo (síntesis) con cierto riesgo de exposición (como la toma de muestras, la limpieza o el mantenimiento).

La sección 2.4 describe la posible exposición de los trabajadores durante el uso diario de maquinaria industrial y de distribución, tuberías y recipientes de almacenamiento. Pueden producirse exposiciones durante el uso diario, aunque es más probable que ocurran durante tareas relacionadas con el uso en los procesos de fabricación por lotes o de otro tipo (síntesis), como pueden ser la toma de muestras de los intermedios producidos, carga, la limpieza y el mantenimiento rutinario.

Existen equipos personales de protección (EPI) y parámetros de control implementados en el lugar de trabajo para reducir el riesgo de exposición de los trabajadores que realizan esta tarea. Las soluciones de amoníaco se almacenan y transportan como líquido presurizado por vía terrestre, marítima o ferrocarril en contenedores especializados y autorizados (como tanques y camiones cisterna con licencia para el transporte de amoníaco).

Este escenario contributivo tiene en cuenta las exposiciones potenciales en los procesos por lotes y de otros tipos y, aunque existe cierto potencial de exposición, los sistemas generalmente están instalados para controlar las fugas o las emisiones de amoníaco involuntarias en las instalaciones industriales.

### Características del producto

El amoníaco anhidro es un gas incoloro a presión y temperatura ambiente, con una pureza típica de aproximadamente el 99,9%. Se ha indicado que la presión del vapor del amoníaco anhidro es de 8.611 hPa a 20 °C. El amoníaco anhidro es muy soluble en agua: 48.200-53.100 mg/l. El amoníaco anhidro se considera inflamable. El amoníaco acuoso formulado tiene una presión de vapor de 287 hPa y se considera fácilmente biodegradable.

### Cantidades utilizadas

Las plantas industriales pueden llegar a utilizar 25000 toneladas al año, y en el total de la Unión Europea se usan aproximadamente 354.000 toneladas. De acuerdo con el documento de orientación de evaluación de riesgos de la Agencia, el número por defecto de días de emisión al año para este intervalo de tonelaje considerado es de 330.

### Frecuencia y duración del uso o exposición

Los trabajadores tienen turnos normales de 8 horas al día y trabajan 220 días al año. El potencial de exposición al amoníaco durante su uso industrial se considera generalmente que es de corta duración y limitado.

### Factores humanos no influenciados por la gestión del riesgo

Volumen de la respiración durante el uso: 10 m<sup>3</sup>/d  
Área de contacto con la piel con la sustancia durante el uso: 480 cm<sup>2</sup> (valor por defecto que utiliza la herramienta de evaluación: ECETOC).

### Otras condiciones operativas dadas que repercuten en la exposición de los trabajadores

Los trabajadores están plenamente formados para prevenir fugas accidentales. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

### Condiciones y medidas técnicas a nivel de proceso (fuente) para impedir la emisión

Los sistemas y las tuberías de distribución deben estar cerrados y sellados. En los procesos llevados a cabo en interiores o en los casos en que la ventilación no sea suficiente, se deberá colocar un sistema de ventilación con extracción localizada. Los procesos realizados en exteriores no suelen necesitar un sistema de ventilación con extracción, pero se debería instalar un sistema de cierre.

### Condiciones y medidas técnicas para controlar la dispersión de la fuente con respecto a los trabajadores

Se debe tener un sistema de ventilación con extracción localizada durante las operaciones en interiores cuando la ventilación natural no es suficiente. Los reactores y las tuberías deben ser sistemas cerrados y sellados.

### Medidas organizativas para impedir o limitar las liberaciones, la dispersión y la exposición

Los trabajadores están plenamente formados en el uso seguro de la maquinaria relacionada con el uso industrial y sobre el uso apropiado del equipo personal de protección para evitar fugas accidentales o una exposición involuntaria. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

### Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

## Solución Amoniaco (20 - <25%)

Los usos industriales finales de las formas anhidro y acuosa del amoniaco precisan de equipo especial y sistemas de contención de gran integridad que eviten las posibilidades de exposición de los trabajadores. Las instalaciones pueden estar situadas en el exterior y los trabajadores, en habitaciones de control separadas sin contacto directo con las unidades de procesamiento químico. El potencial de exposición al amoniaco de los trabajadores industriales durante estos procesos es despreciable, puesto que se encuentran en una habitación de control separada.

Los trabajadores pueden estar potencialmente expuestos al amoniaco durante la realización de tareas en el campo (p. ej. al instalar válvulas, bombas o tanques, etc.). Todas las actividades se llevan a cabo en un sistema cerrado. Las tuberías y los recipientes están sellados y aislados, y la toma de muestras se realiza con un bucle de muestras cerrado. En las aberturas y puntos donde puedan darse emisiones se proporciona una ventilación de extracción. El amoniaco anhidro se almacena en contenedores y tanques especiales. El amoniaco se trasvasa en condiciones de contención. Durante las tareas de mantenimiento, se asegura un buen estándar de ventilación general o controlada. Se debe utilizar ropa de protección (p. ej.: protección para la cara, los ojos, casco, guantes, botas y una bata o mono de protección) cuando surja alguna posibilidad de que se produzca contacto.

Todos los dispositivos tecnológicos tienen un certificado de calidad propio y superan con regularidad controles y mantenimiento para evitar fugas descontroladas de amoniaco.

Se ponen en práctica buenas medidas higiénicas laborales y de control de exposición para minimizar la posible exposición de los trabajadores. Los trabajadores implicados en el uso industrial del amoniaco tienen una buena formación sobre los procedimientos necesarios y el uso del equipo de protección adecuado.

### 2.5 Escenario contributivo (5) que controla la exposición de los trabajadores durante el mezclado

Exposición de los trabajadores debido a la labor de mezclas en los procesos por lotes durante el uso industrial

La sección 2.5 describe la exposición potencial de los trabajadores durante la mezcla de compuestos de amoniaco. La exposición potencial puede ocurrir durante el uso diario de la maquinaria y las tecnologías asociadas con el proceso de mezcla como parte del uso final industrial del amoniaco.

Existen equipos personales de protección (EPI) y parámetros de control implementados en el lugar de trabajo para reducir el riesgo de exposición de los trabajadores que realizan esta tarea. Las existencias de amoniaco se almacenan y transportan como líquido presurizado por vía terrestre, marítima o ferrocarril en contenedores especializados y autorizados (como tanques y camiones cisterna con licencia para el transporte de amoniaco).

#### Características del producto

El amoniaco anhidro es un gas incoloro a presión y temperatura ambiente, con una pureza típica de aproximadamente el 99,9%. Se ha indicado que la presión del vapor del amoniaco anhidro es de 8.611 hPa a 20 °C. El amoniaco anhidro es muy soluble en agua: 48.200-53.100 mg/l. El amoniaco anhidro se considera inflamable. El amoniaco acuoso formulado tiene una presión de vapor de 287 hPa y se considera fácilmente biodegradable.

#### Cantidades utilizadas

Las plantas industriales pueden llegar a utilizar 25000 toneladas al año, y en el total de la Unión Europea se usan aproximadamente 354.000 toneladas. De acuerdo con el documento de orientación de evaluación de riesgos de la Agencia, el número por defecto de días de emisión al año para este intervalo de tonelaje considerado es de 330.

#### Frecuencia y duración del uso o exposición

Los trabajadores tienen turnos normales de 8 horas al día y trabajan 220 días al año. El potencial de exposición al amoniaco durante su uso industrial se considera generalmente que es de corta duración y limitado.

#### Factores humanos no influenciados por la gestión del riesgo

Volumen de la respiración durante el uso: 10 m<sup>3</sup>/d  
Área de contacto con la piel con la sustancia durante el uso: 480 cm<sup>2</sup> (valor por defecto que utiliza la herramienta de evaluación: ECETOC).

#### Otras condiciones operativas dadas que repercuten en la exposición de los trabajadores

Los trabajadores están plenamente formados/entrenados para prevenir fugas accidentales. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

#### Condiciones y medidas técnicas a nivel de proceso (fuente) para impedir la emisión

Los sistemas y las tuberías de distribución deben estar cerrados y sellados. En los procesos llevados a cabo en interiores o en los casos en que la ventilación no sea suficiente, se deberá colocar un sistema de ventilación con extracción localizada. Los procesos realizados en exteriores no suelen necesitar un sistema de ventilación con extracción, pero se debería instalar un sistema de cierre.

#### Condiciones y medidas técnicas para controlar la dispersión de la fuente con respecto a los trabajadores

Se debe tener un sistema de ventilación con extracción localizada durante las operaciones en interiores cuando la ventilación natural no es suficiente. Los reactores y las tuberías deben ser sistemas cerrados y sellados.

#### Medidas organizativas para impedir o limitar las liberaciones, la dispersión y la exposición

Los trabajadores están plenamente formados en el uso seguro de la maquinaria relacionada con el uso industrial y sobre el uso apropiado del equipo personal de protección para evitar fugas accidentales o una exposición involuntaria. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

#### Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Los usos industriales finales de las formas anhidro y acuosa del amoniaco precisan de equipo especial y sistemas de contención de gran integridad que eviten las posibilidades de exposición de los trabajadores. Las instalaciones pueden estar situadas en el exterior y los trabajadores, en habitaciones de control separadas sin contacto directo con las unidades de procesamiento químico. El potencial de exposición al amoniaco de los trabajadores industriales durante estos procesos es despreciable, puesto que se encuentran en una habitación de control separada.

Los trabajadores pueden estar potencialmente expuestos al amoniaco durante la realización de tareas en el campo (p. ej. al instalar válvulas, bombas o tanques, etc.). Todas las actividades se llevan a cabo en un sistema cerrado. Las tuberías y los recipientes están sellados y aislados, y la toma de muestras se realiza con un bucle de muestras cerrado. En las aberturas y puntos donde puedan darse emisiones se proporciona una ventilación de extracción. El amoniaco anhidro se almacena en contenedores y tanques especiales. El amoniaco se trasvasa en condiciones de contención. Durante las tareas de mantenimiento, se asegura un buen estándar de ventilación general o controlada. Se debe utilizar ropa de protección (p. ej.: protección para la cara, los ojos, casco, guantes, botas y una bata o mono de protección) cuando surja alguna posibilidad de que se produzca contacto.

Todos los dispositivos tecnológicos tienen un certificado de calidad propio y superan con regularidad controles y mantenimiento para evitar fugas descontroladas de amoniaco.

Se ponen en práctica buenas medidas higiénicas laborales y de control de exposición para minimizar la posible exposición de los trabajadores. Los trabajadores implicados en el uso industrial del amoniaco tienen una buena formación sobre los procedimientos necesarios y el uso del equipo de protección adecuado.

### 2.6 Escenario contributivo (6) que controla la exposición de los trabajadores durante la pulverización industrial

Exposición de los trabajadores debido a las técnicas de pulverización industrial y de dispersión aérea.

En la sección 2.6 se describe la exposición potencial a los trabajadores durante el uso industrial final del amoniaco en la pulverización de amoniaco o de soluciones con amoniaco. Existen equipos personales de protección (EPI) y parámetros de control implementados en el lugar de trabajo para reducir el riesgo de exposición de los trabajadores que realizan esta tarea.

#### Características del producto

El amoniaco anhidro es un gas incoloro a presión y temperatura ambiente, con una pureza típica de aproximadamente el 99,9%. Se ha indicado que la presión del vapor del amoniaco anhidro es de 8.611 hPa a 20 °C. El amoniaco anhidro es muy soluble en agua: 48.200-53.100 mg/l. El amoniaco anhidro se considera inflamable. El amoniaco acuoso formulado tiene una presión de vapor de 287 hPa y se considera fácilmente biodegradable.

#### Cantidades utilizadas

Las plantas industriales pueden llegar a utilizar 25000 toneladas al año, y en el total de la Unión Europea se usan aproximadamente 354.000 toneladas. De acuerdo con el documento de orientación de evaluación de riesgos de la Agencia, el número por defecto de días de emisión al año para este intervalo de tonelaje considerado es de 330.

#### Frecuencia y duración del uso o exposición

Los trabajadores tienen turnos normales de 8 horas al día y trabajan 220 días al año. El potencial de exposición al amoniaco durante su uso industrial se considera generalmente que es de corta duración y limitado.

#### Factores humanos no influenciados por la gestión del riesgo

Volumen de la respiración durante el uso: 10 m<sup>3</sup>/d  
Área de contacto con la piel con la sustancia durante el uso: 480 cm<sup>2</sup> (valor por defecto que utiliza la herramienta de evaluación: ECETOC).

#### Otras condiciones operativas dadas que repercuten en la exposición de los trabajadores

Los trabajadores están plenamente formados para prevenir fugas accidentales. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

#### Condiciones y medidas técnicas a nivel de proceso (fuente) para impedir la emisión

Los sistemas y las tuberías de distribución deben estar cerrados y sellados. En los procesos llevados a cabo en interiores o en los casos en que la ventilación no sea suficiente, se deberá colocar un sistema de ventilación con extracción localizada. Los procesos realizados en exteriores no suelen necesitar un sistema de ventilación con extracción, pero se debería instalar un sistema de cierre. Los trabajadores no deberían estar directamente expuestos a las soluciones durante la pulverización industrial.

#### Condiciones y medidas técnicas para controlar la dispersión de la fuente con respecto a los trabajadores

Se debe tener un sistema de ventilación con extracción localizada durante las operaciones en interiores cuando la ventilación natural no es suficiente. Los reactores y las tuberías deben ser sistemas cerrados y sellados.

#### Medidas organizativas para impedir o limitar las liberaciones, la dispersión y la exposición

## Solución Amoniaco (20 - <25%)

Los trabajadores están plenamente formados en el uso seguro de la maquinaria relacionada con el uso industrial y sobre el uso apropiado del equipo personal de protección para evitar fugas accidentales o una exposición involuntaria. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

### Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Usos finales industriales de amoniaco pulverizado durante técnicas de dispersión aérea precisan de equipo especial y sistemas de contención de gran integridad.

Los trabajadores pueden estar potencialmente expuestos al amoniaco durante la realización de tareas en el campo (p. ej. al instalar válvulas, bombas o tanques, etc.). Se debe utilizar ropa de protección (p. ej.: protección para la cara, los ojos, casco, guantes, botas y una bata o mono de protección) cuando surja alguna posibilidad de que se produzca contacto.

Todos los dispositivos tecnológicos tienen un certificado de calidad propio y superan con regularidad controles y mantenimiento para evitar fugas descontroladas de amoniaco.

Se ponen en práctica buenas medidas higiénicas laborales y de control de exposición para minimizar la posible exposición de los trabajadores. Los trabajadores implicados en el uso industrial del amoniaco tienen una buena formación sobre los procedimientos necesarios y el uso del equipo de protección adecuado.

### 2.7 Escenario contributivo (7) que controla la exposición de los trabajadores durante la transferencia de o hacia buques o grandes contenedores

Exposición de los trabajadores debida a la transferencia de amoniaco de o hacia buques o grandes contenedores

La sección 2.7 describe la posible exposición de los trabajadores durante el llenado y carga de/hacia buques o grandes contenedores en instalaciones especializadas y no especializadas. Es más probable que se produzca la exposición durante tareas relacionadas con el llenado de los propios contenedores.

Existen equipos personales de protección (EPI) y parámetros de control implementados en el lugar de trabajo para reducir el riesgo de exposición de los trabajadores que realizan esta tarea. El amoniaco acuoso formulado se almacena a continuación y se transporta como líquido en grandes contenedores.

#### Características del producto

El amoniaco anhidro es un gas incoloro a presión y temperatura ambiente, con una pureza típica de aproximadamente el 99,9%. Se ha indicado que la presión del vapor del amoniaco anhidro es de 8.611 hPa a 20 °C. El amoniaco anhidro es muy soluble en agua: 48.200-53.100 mg/l. El amoniaco anhidro se considera inflamable. El amoniaco acuoso formulado tiene una presión de vapor de 287 hPa y se considera fácilmente biodegradable.

#### Cantidades utilizadas

Las plantas industriales pueden llegar a utilizar 25000 toneladas al año, y en el total de la Unión Europea se usan aproximadamente 354.000 toneladas. De acuerdo con el documento de orientación de evaluación de riesgos de la Agencia, el número por defecto de días de emisión al año para este intervalo de tonelaje considerado es de 330.

#### Frecuencia y duración del uso o exposición

Los trabajadores tienen turnos normales de 8 horas al día y trabajan 220 días al año. El potencial de exposición al amoniaco durante su uso industrial se considera generalmente que es de corta duración y limitado.

#### Factores humanos no influenciados por la gestión del riesgo

Volumen de la respiración durante el uso: 10 m<sup>3</sup>/d

Área de contacto con la piel con la sustancia durante el uso: 480 cm<sup>2</sup> (valor por defecto que utiliza la herramienta de evaluación: ECETOC).

#### Otras condiciones operativas dadas que repercuten en la exposición de los trabajadores

Los trabajadores están plenamente formados para prevenir fugas accidentales. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

#### Condiciones y medidas técnicas a nivel de proceso (fuente) para impedir la emisión

Los sistemas y las tuberías de distribución deben estar cerrados y sellados. En los procesos llevados a cabo en interiores o en los casos en que la ventilación no sea suficiente, se deberá colocar un sistema de ventilación con extracción localizada. Los procesos realizados en exteriores no suelen necesitar un sistema de ventilación con extracción, pero se debería instalar un sistema de cierre.

#### Condiciones y medidas técnicas para controlar la dispersión de la fuente con respecto a los trabajadores

Se debe tener un sistema de ventilación con extracción localizada durante las operaciones en interiores cuando la ventilación natural no es suficiente. Los reactores y las tuberías deben ser sistemas cerrados y sellados.

#### Medidas organizativas para impedir o limitar las liberaciones, la dispersión y la exposición

Los trabajadores están plenamente formados en el uso seguro de la maquinaria relacionada con el uso industrial y sobre el uso apropiado del equipo personal de protección para evitar fugas accidentales o una exposición involuntaria. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

### Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Los usos industriales finales de las formas anhidro y acuosa del amoniaco precisan de equipo especial y sistemas de contención de gran integridad que eviten las posibilidades de exposición de los trabajadores. Las instalaciones pueden estar situadas en el exterior y los trabajadores, en habitaciones de control separadas sin contacto directo con las unidades de procesamiento químico. El potencial de exposición al amoniaco de los trabajadores industriales durante estos procesos es despreciable, puesto que se encuentran en una habitación de control separada.

Los trabajadores pueden estar potencialmente expuestos al amoniaco durante la realización de tareas en el campo (p. ej. al instalar válvulas, bombas o tanques, etc.). Todas las actividades se llevan a cabo en un sistema cerrado. Las tuberías y los recipientes están sellados y aislados, y la toma de muestras se realiza con un bucle de muestras cerrado. En las aberturas y puntos donde puedan darse emisiones se proporciona una ventilación de extracción. El amoniaco anhidro se almacena en contenedores y tanques especiales. El amoniaco se trasvasa en condiciones de contención. Durante las tareas de mantenimiento, se asegura un buen estándar de ventilación general o controlada. Se debe utilizar ropa de protección (p. ej.: protección para la cara, los ojos, casco, guantes, botas y una bata o mono de protección) cuando surja alguna posibilidad de que se produzca contacto.

Todos los dispositivos tecnológicos tienen un certificado de calidad propio y superan con regularidad controles y mantenimiento para evitar fugas descontroladas de amoniaco.

Se ponen en práctica buenas medidas higiénicas laborales y de control de exposición para minimizar la posible exposición de los trabajadores. Los trabajadores implicados en el uso industrial del amoniaco tienen una buena formación sobre los procedimientos necesarios y el uso del equipo de protección adecuado.

### 2.8 Exposición de los trabajadores durante la transferencia en pequeños contenedores

Exposición de los trabajadores debido a la transferencia en pequeños contenedores en líneas de llenado especializadas

La sección 2.8 describe la posible exposición de los trabajadores durante el llenado de pequeños contenedores en líneas de llenado especializadas.

Existen equipos personales de protección (EPI) y parámetros de control implementados en el lugar de trabajo para reducir el riesgo de exposición de los trabajadores que realizan esta tarea. El amoniaco líquido formulado se almacena y se transporta como líquido en los contenedores de pequeño tamaño.

#### Características del producto

El amoniaco anhidro es un gas incoloro a presión y temperatura ambiente, con una pureza típica de aproximadamente el 99,9%. Se ha indicado que la presión del vapor del amoniaco anhidro es de 8.611 hPa a 20 °C. El amoniaco anhidro es muy soluble en agua: 48.200-53.100 mg/l. El amoniaco anhidro se considera inflamable. El amoniaco acuoso formulado tiene una presión de vapor de 287 hPa y se considera fácilmente biodegradable.

#### Cantidades utilizadas

Las plantas industriales pueden llegar a utilizar 25000 toneladas al año, y en el total de la Unión Europea se usan aproximadamente 354.000 toneladas. De acuerdo con el documento de orientación de evaluación de riesgos de la Agencia, el número por defecto de días de emisión al año para este intervalo de tonelaje considerado es de 330.

#### Frecuencia y duración del uso o exposición

Los trabajadores tienen turnos normales de 8 horas al día y trabajan 220 días al año. El potencial de exposición al amoniaco durante su uso industrial se considera generalmente que es de corta duración y limitado.

#### Factores humanos no influenciados por la gestión del riesgo

Volumen de la respiración durante el uso: 10 m<sup>3</sup>/d

Área de contacto con la piel con la sustancia durante el uso: 480 cm<sup>2</sup> (valor por defecto que utiliza la herramienta de evaluación: ECETOC).

#### Otras condiciones operativas dadas que repercuten en la exposición de los trabajadores

Los trabajadores están plenamente formados para prevenir fugas accidentales. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

#### Condiciones y medidas técnicas a nivel de proceso (fuente) para impedir la emisión

Los sistemas y las tuberías de distribución deben estar cerrados y sellados. En los procesos llevados a cabo en interiores o en los casos en que la ventilación no sea suficiente, se deberá colocar un sistema de ventilación con extracción localizada. Los procesos realizados en exteriores no suelen necesitar un sistema de ventilación con extracción, pero se debería instalar un sistema de cierre.

#### Condiciones y medidas técnicas para controlar la dispersión de la fuente con respecto a los trabajadores

Se debe tener un sistema de ventilación con extracción localizada durante las operaciones en interiores cuando la ventilación natural no es suficiente. Los reactores y las tuberías deben ser sistemas cerrados y sellados.

#### Medidas organizativas para impedir o limitar las liberaciones, la dispersión y la exposición

## Solución Amoniaca (20 - <25%)

Los trabajadores están plenamente formados en el uso seguro de la maquinaria relacionada con el uso industrial y sobre el uso apropiado del equipo personal de protección para evitar fugas accidentales o una exposición involuntaria. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

### Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Los usos industriales finales de las formas anhidro y acuosa del amoníaco precisan de equipo especial y sistemas de contención de gran integridad que eviten las posibilidades de exposición de los trabajadores. Las instalaciones pueden estar situadas en el exterior y los trabajadores, en habitaciones de control separadas sin contacto directo con las unidades de procesamiento químico. El potencial de exposición al amoníaco de los trabajadores industriales durante estos procesos es despreciable, puesto que se encuentran en una habitación de control separada.

Los trabajadores pueden estar potencialmente expuestos al amoníaco durante la realización de tareas en el campo (p. ej. al instalar válvulas, bombas o tanques, etc.). Todas las actividades se llevan a cabo en un sistema cerrado. Las tuberías y los recipientes están sellados y aislados, y la toma de muestras se realiza con un bucle de muestras cerrado. En las aberturas y puntos donde puedan darse emisiones se proporciona una ventilación de extracción. El amoníaco anhidro se almacena en contenedores y tanques especiales. El amoníaco se trasvasa en condiciones de contención. Durante las tareas de mantenimiento, se asegura un buen estándar de ventilación general o controlada. Se debe utilizar ropa de protección (p. ej.: protección para la cara, los ojos, casco, guantes, botas y una bata o mono de protección) cuando surja alguna posibilidad de que se produzca contacto.

Todos los dispositivos tecnológicos tienen un certificado de calidad propio y superan con regularidad controles y mantenimiento para evitar fugas descontroladas de amoníaco.

Se ponen en práctica buenas medidas higiénicas laborales y de control de exposición para minimizar la posible exposición de los trabajadores. Los trabajadores implicados en el uso industrial del amoníaco tienen una buena formación sobre los procedimientos necesarios y el uso del equipo de protección adecuado.

### 2.9 Escenario contributivo (8) que controla la exposición de los trabajadores durante la aplicación de revestimientos mediante rodillo o brocha

La exposición de los trabajadores debido a la aplicación de los revestimientos mediante rodillo o brocha

La sección 2.9 describe la exposición potencial de los trabajadores durante el uso final industrial del amoníaco en la aplicación con rodillo o brocha de amoníaco o de soluciones con amoníaco sobre las superficies de los revestimientos. Existen equipos personales de protección (EPI) y parámetros de control implementados en el lugar de trabajo para reducir el riesgo de exposición de los trabajadores que realizan esta tarea.

#### Características del producto

El amoníaco anhidro es un gas incoloro a presión y temperatura ambiente, con una pureza típica de aproximadamente el 99,9%. Se ha indicado que la presión del vapor del amoníaco anhidro es de 8.611 hPa a 20 °C. El amoníaco anhidro es muy soluble en agua: 48.200-53.100 mg/l. El amoníaco anhidro se considera inflamable. El amoníaco acuoso formulado tiene una presión de vapor de 287 hPa y se considera fácilmente biodegradable.

#### Cantidades utilizadas

Las plantas industriales pueden llegar a utilizar 25000 toneladas al año, y en el total de la Unión Europea se usan aproximadamente 354.000 toneladas. De acuerdo con el documento de orientación de evaluación de riesgos de la Agencia, el número por defecto de días de emisión al año para este intervalo de tonelaje considerado es de 330.

#### Frecuencia y duración del uso o exposición

Los trabajadores tienen turnos normales de 8 horas al día y trabajan 220 días al año. El potencial de exposición al amoníaco durante su uso industrial se considera generalmente que es de corta duración y limitado.

#### Factores humanos no influenciados por la gestión del riesgo

Volumen de la respiración durante el uso: 10 m<sup>3</sup>/d

Área de contacto con la piel con la sustancia durante el uso: 480 cm<sup>2</sup> (valor por defecto que utiliza la herramienta de evaluación: ECETOC).

#### Otras condiciones operativas dadas que repercuten en la exposición de los trabajadores

Los trabajadores están plenamente formados para prevenir fugas accidentales. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

#### Condiciones y medidas técnicas a nivel de proceso (fuente) para impedir la emisión

Los sistemas y las tuberías de distribución deben estar cerrados y sellados. En los procesos llevados a cabo en interiores o en los casos en que la ventilación no sea suficiente, se deberá colocar un sistema de ventilación con extracción localizada. Los procesos realizados en exteriores no suelen necesitar un sistema de ventilación con extracción, pero se debería instalar un sistema de cierre.

#### Condiciones y medidas técnicas para controlar la dispersión de la fuente con respecto a los trabajadores

Se debe tener un sistema de ventilación con extracción localizada durante las operaciones en interiores cuando la ventilación natural no es suficiente. Los reactores y las tuberías deben ser sistemas cerrados y sellados.

#### Medidas organizativas para impedir o limitar las liberaciones, la dispersión y la exposición

Los trabajadores están plenamente formados en el uso seguro de la maquinaria relacionada con el uso industrial y sobre el uso apropiado del equipo personal de protección para evitar fugas accidentales o una exposición involuntaria. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

### Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Los usos industriales finales del amoníaco de aplicación mediante rodillo o brocha precisan de equipo especial y sistemas de contención de gran integridad con poco o ningún potencial de exposición para los trabajadores. Las instalaciones pueden estar situadas en el exterior y los trabajadores, en habitaciones de control separadas sin contacto directo con las unidades de procesamiento químico. El potencial de los trabajadores industriales para estar expuestos al amoníaco durante estos procesos es despreciable, puesto que se encuentran en una habitación de control separada.

Los trabajadores pueden estar potencialmente expuestos al amoníaco durante la realización de tareas en el campo (p. ej. al instalar válvulas, bombas o tanques, etc.). Todas las actividades se llevan a cabo en un sistema cerrado. Las tuberías y los recipientes están sellados y aislados, y la toma de muestras se realiza con un bucle de muestras cerrado. En las aberturas y puntos donde puedan darse emisiones se proporciona una ventilación de extracción. El amoníaco anhidro se almacena en contenedores y tanques especiales. El amoníaco se trasvasa en condiciones de contención. Durante las tareas de mantenimiento, se asegura un buen estándar de ventilación general o controlada. Se debe utilizar ropa de protección (p. ej.: protección para la cara, los ojos, casco, guantes, botas y una bata o mono de protección) cuando surja alguna posibilidad de que se produzca contacto.

Todos los dispositivos tecnológicos tienen un certificado de calidad propio y superan con regularidad controles y mantenimiento para evitar fugas descontroladas de amoníaco.

Se ponen en práctica buenas medidas higiénicas laborales y de control de exposición para minimizar la posible exposición de los trabajadores. Los trabajadores implicados en el uso industrial del amoníaco tienen una buena formación sobre los procedimientos necesarios y el uso del equipo de protección adecuado.

### 2.10 Escenario contributivo (9) que controla la exposición de los trabajadores correspondiente al tratamiento de artículos mediante inmersión y vertido

Exposición de los trabajadores debido al tratamiento de artículos mediante inmersión y vertido

La sección 2.10 describe la exposición potencial de los trabajadores en el uso industrial final del amoníaco durante el tratamiento de artículos por inmersión y vertido utilizando amoníaco o soluciones con amoníaco. Existen equipos personales de protección (EPI) y parámetros de control implementados en el lugar del trabajo para reducir el riesgo de exposición de los trabajadores que realizan esta tarea.

#### Características del producto

El amoníaco anhidro es un gas incoloro a presión y temperatura ambiente, con una pureza típica de aproximadamente el 99,9%. Se ha indicado que la presión del vapor del amoníaco anhidro es de 8.611 hPa a 20 °C. El amoníaco anhidro es muy soluble en agua: 48.200-53.100 mg/l. El amoníaco anhidro se considera inflamable. El amoníaco acuoso formulado tiene una presión de vapor de 287 hPa y se considera fácilmente biodegradable.

#### Cantidades utilizadas

Las plantas industriales pueden llegar a utilizar 25000 toneladas al año, y en el total de la Unión Europea se usan aproximadamente 354.000 toneladas. De acuerdo con el documento de orientación de evaluación de riesgos de la Agencia, el número por defecto de días de emisión al año para este intervalo de tonelaje considerado es de 330.

#### Frecuencia y duración del uso o exposición

Los trabajadores tienen turnos normales de 8 horas al día y trabajan 220 días al año. El potencial de exposición al amoníaco durante su uso industrial se considera generalmente que es de corta duración y limitado.

#### Factores humanos no influenciados por la gestión del riesgo

Volumen de la respiración durante el uso: 10 m<sup>3</sup>/d

Área de contacto con la piel con la sustancia durante el uso: 480 cm<sup>2</sup> (valor por defecto que utiliza la herramienta de evaluación: ECETOC).

#### Otras condiciones operativas dadas que repercuten en la exposición de los trabajadores

Los trabajadores están plenamente formados para prevenir fugas accidentales. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

#### Condiciones y medidas técnicas a nivel de proceso (fuente) para impedir la emisión

Los sistemas y las tuberías de distribución deben estar cerrados y sellados. En los procesos llevados a cabo en interiores o en los casos en que la ventilación no sea suficiente, se deberá colocar un sistema de ventilación con extracción localizada. Los procesos realizados en exteriores no suelen necesitar un sistema de ventilación con extracción, pero se debería instalar un sistema de cierre.

#### Condiciones y medidas técnicas para controlar la dispersión de la fuente con respecto a los trabajadores



## Solución Amoniaca (20 - <25%)

Se debe tener un sistema de ventilación con extracción localizada durante las operaciones en interiores cuando la ventilación natural no es suficiente. Los reactores y las tuberías deben ser sistemas cerrados y sellados.

### Medidas organizativas para impedir o limitar las liberaciones, la dispersión y la exposición

Los trabajadores están plenamente formados en el uso seguro de la maquinaria relacionada con el uso industrial y sobre el uso apropiado del equipo personal de protección para evitar fugas accidentales o una exposición involuntaria. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

### Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Los usos industriales finales del amoníaco para el tratamiento de artículos por inmersión y vertido utilizando amoníaco o soluciones con amoníaco precisan de equipo especial y sistemas de contención de gran integridad con poco o ningún potencial de exposición para los trabajadores. Las instalaciones pueden estar situadas en el exterior y los trabajadores, en habitaciones de control separadas sin contacto directo con las unidades de procesamiento químico. El potencial de los trabajadores industriales para estar expuestos al amoníaco durante estos procesos es despreciable, puesto que se encuentran en una habitación de control separada.

Los trabajadores pueden estar potencialmente expuestos al amoníaco durante la realización de tareas en el campo (p. ej. al instalar válvulas, bombas o tanques, etc.). Todas las actividades se llevan a cabo en un sistema cerrado. Las tuberías y los recipientes están sellados y aislados, y la toma de muestras se realiza con un bucle de muestras cerrado. En las aberturas y puntos donde puedan darse emisiones se proporciona una ventilación de extracción. El amoníaco anhidro se almacena en contenedores y tanques especiales. El amoníaco se trasvasa en condiciones de contención. Durante las tareas de mantenimiento, se asegura un buen estándar de ventilación general o controlada. Se debe utilizar ropa de protección (p. ej.: protección para la cara, los ojos, casco, guantes, botas y una bata o mono de protección) cuando surja alguna posibilidad de que se produzca contacto.

Todos los dispositivos tecnológicos tienen un certificado de calidad propio y superan con regularidad controles y mantenimiento para evitar fugas descontroladas de amoníaco.

Se ponen en práctica buenas medidas higiénicas laborales y de control de exposición para minimizar la posible exposición de los trabajadores. Los trabajadores implicados en el uso industrial del amoníaco tienen una buena formación sobre los procedimientos necesarios y el uso del equipo de protección adecuado.

### 2.11 Escenario contributivo (11) que controla la exposición de los trabajadores correspondiente al mezclado manual con contacto estrecho y utilización únicamente de equipos de protección personal (EPI)

La exposición de los trabajadores debido al mezclado manual con contacto estrecho y utilización únicamente de equipos de protección personal (EPI)

En la sección 2.11 se describe la exposición potencial de los trabajadores durante el uso industrial del amoníaco en la mezcla manual de las formulaciones (con contacto estrecho y utilizando solo EPI) usando amoníaco o soluciones de amoníaco. Existen equipos personales de protección (EPI) y parámetros de control implementados en el lugar de trabajo para reducir el riesgo de exposición de los trabajadores que realizan esta tarea.

### Características del producto

El amoníaco anhidro es un gas incoloro a presión y temperatura ambiente, con una pureza típica de aproximadamente el 99,9%. Se ha indicado que la presión del vapor del amoníaco anhidro es de 8.611 hPa a 20 °C. El amoníaco anhidro es muy soluble en agua: 48.200-53.100 mg/l. El amoníaco anhidro se considera inflamable. El amoníaco acuoso formulado tiene una presión de vapor de 287 hPa y se considera fácilmente biodegradable.

### Cantidades utilizadas

Las plantas industriales pueden llegar a utilizar 25000 toneladas al año, y en el total de la Unión Europea se usan aproximadamente 354.000 toneladas. De acuerdo con el documento de orientación de evaluación de riesgos de la Agencia, el número por defecto de días de emisión al año para este intervalo de tonelaje considerado es de 330.

### Frecuencia y duración del uso o exposición

Los trabajadores tienen turnos normales de 8 horas al día y trabajan 220 días al año. El potencial de exposición al amoníaco durante su uso industrial se considera generalmente que es de corta duración y limitado.

### Factores humanos no influenciados por la gestión del riesgo

Volumen de la respiración durante el uso: 10 m<sup>3</sup>/d

Área de contacto con la piel con la sustancia durante el uso: 480 cm<sup>2</sup> (valor por defecto que utiliza la herramienta de evaluación: ECETOC).

### Otras condiciones operativas dadas que repercuten en la exposición de los trabajadores

Los trabajadores están plenamente formados para prevenir fugas accidentales. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

### Condiciones y medidas técnicas a nivel de proceso (fuente) para impedir la emisión

Los trabajadores no deben estar directamente expuestos a las soluciones sin equipo de protección (EPI) en el lugar de trabajo. Generalmente no se requiere un sistema de ventilación con extracción.

### Condiciones y medidas técnicas para controlar la dispersión de la fuente con respecto a los trabajadores

No se requieren medidas específicas aparte de la buena práctica industrial

### Medidas organizativas para impedir o limitar las liberaciones, la dispersión y la exposición

Los trabajadores están plenamente formados en el uso seguro de maquinaria de mezclado y en el uso apropiado del equipo personal de protección (EPI) para evitar fugas accidentales o una exposición involuntaria. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

### Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

La mezcla manual del amoníaco a nivel industrial se llevará a cabo generalmente en el interior utilizando métodos de bajo consumo y en recipientes que reducen el potencial de fugas involuntarias. El potencial de los trabajadores industriales a estar expuestos al amoníaco durante estos procesos es, por tanto, despreciable, puesto que se emplean equipos de protección y métodos de baja emisión.

Todos los dispositivos tecnológicos tienen un certificado de calidad propio y superan con regularidad controles y mantenimiento para evitar fugas descontroladas de amoníaco.

Se ponen en práctica buenas medidas higiénicas laborales y de control de exposición para minimizar la posible exposición de los trabajadores. Los trabajadores implicados en la mezcla manual de amoníaco o de soluciones de amoníaco tienen una buena formación sobre los procedimientos necesarios y el uso del equipo de protección adecuado.

### 3 Estimación de la exposición y referencia a su fuente

La evaluación de la exposición de los trabajadores al amoníaco anhidro y acuoso utilizado como sustancia intermedia en la síntesis química (ES4) se llevó a cabo para los procesos relevantes para este escenario e identificados por los códigos PROC en el punto 1 de este escenario y que se repiten a continuación: Uso en procesos cerrados, exposición improbable (PROC 1), uso en procesos cerrados y continuos con exposición ocasional controlada (PROC 2), formulación en procesos por lotes cerrados (PROC 3), el uso en procesos por lotes o de otro tipo con cierto riesgo de exposición (PROC 4), mezclado en procesos por lotes (PROC 5), la pulverización industrial (PROC 7), la transferencia (PROC 8b), el trasvase de amoníaco a recipientes pequeños (PROC 9), las aplicaciones mediante rodillo o brocha (PROC 10), el tratamiento de artículos por baño y vertido (PROC 13) y el mezclado manual con contacto estrecho y utilización únicamente de equipos de protección personal (PROC 19).

Se llevó a cabo una estimación de la exposición para los trabajadores de nivel 1, empleando el modelo ECETOC TRA: herramienta ECETOC para la evaluación de riesgo orientada (Targeted Risk Assessment).

ECETOC TRA se utilizó para estimar la exposición dérmica (expresada como una dosis sistémica diaria en mg/kg de peso corporal) y las concentraciones de exposición por inhalación (expresadas como una concentración en el aire en mg/m<sup>3</sup>) asociadas con cada proceso definido por los códigos PROC.

Se evaluó la exposición a los trabajadores teniendo en cuenta las diferentes condiciones de trabajo que pueden estar asociadas con la formulación de soluciones de amoníaco acuoso y la distribución del amoníaco en forma anhidro y en solución y el impacto de las distintas medidas de control de la exposición. Las exposiciones se determinaron para tareas de 1 a 4 horas de duración o de más de 4 horas y asumiendo que los procesos se llevan a cabo tanto en exteriores, como interiores sin uso de sistemas locales con ventilación y extracción de gases (LEV) o en interiores con el uso de sistema de ventilación con extracción localizada (LEV). Para reflejar el uso de equipo de protección (EPI), las exposiciones dérmicas fueron determinadas asumiendo el uso sin guantes o con guantes que ofrezcan un 90% de protección. Para reflejar el uso de equipo de protección respiratoria (RPE), las concentraciones de exposición por inhalación se determinaron asumiendo el uso sin equipo de protección respiratoria o con equipo de protección respiratoria que ofrece un 95% de protección.

El modelo ECETOC TRA utiliza un algoritmo sencillo para determinar la exposición dérmica que no tiene en cuenta las propiedades físico-químicas de una sustancia. Las mismas exposiciones dérmicas se estimaron, por tanto, para las formas anhidro y acuosa del amoníaco. Los parámetros utilizados en el modelo ECETOC TRA para evaluar la exposición por inhalación fueron: peso molecular (35 g.mol<sup>-1</sup> y 17 g.mol<sup>-1</sup> para las formas acuosa y anhidro, respectivamente), y presión del vapor (la presión del vapor de la forma anhidro del amoníaco es 8,6 x 10<sup>5</sup> Pa a 20 °C, mientras que la presión del vapor de una disolución del amoníaco acuoso del 5- <25% en peso varía entre 5 x 10<sup>3</sup> Pa y 4 x 10<sup>4</sup> Pa a 20 °C). Las exposiciones dérmicas sistémicas se han determinado para un trabajador con un peso corporal de 70 kg.

## Solución Amoniaca (20 - <25%)

En el caso de las emisiones al medio ambiente, para cuantificar los valores de exposición que se muestran a continuación (PEC), se consideró una eliminación completa de las mismas en el sistema de tratamiento de aguas residuales propio de la planta.

### Información para el escenario contributivo 1 (Exposición medioambiental):

Los siguientes valores PEC (concentración ambiental prevista) se calcularon utilizando el programa informático europeo para la valoración del riesgo medioambiental de las sustancias químicas: EUSES 2.1.

Secciones	PEC	PNEC	PEC/PNEC	Discusión
ERC 4 Agua dulce (nivel 1)	468 mg/L (Amoniaco total)  17.88 mg/L (Amoniaco libre)	0.0011 mg/l (Amoniaco libre)	16252	Conversión de Amoniaco total a Amoniaco libre basado en una fracción de 3.82% dada para un pH de 8 y 25°C.  (Datos de referencia tabulados en el documento EPA EPA-600 / 3-79-091)
ERC 4 Agua marina (nivel 1)	46.8 mg/L (Amoniaco total)  1.788 mg/L (Amoniaco libre)	0.0011 mg/l (Amoniaco libre)	1625	Conversión de Amoniaco total a Amoniaco libre basado en una fracción de 3.82% dada para un pH 8 y 25°C.  (Datos de referencia tabulados en el documento EPA EPA-600 / 3-79-091)
ERC 4 Agua dulce (nivel 2)	2.82 x 10 <sup>-3</sup> mg/L (Amoniaco total)  1.08 x 10 <sup>-4</sup> mg/L (Amoniaco libre)	0.0011 mg/l (Amoniaco libre)	0.098	Conversión de Amoniaco total a Amoniaco libre basado en una fracción de 3.82% dada para un pH 8 y 25°C.  (Datos de referencia tabulados en el documento EPA EPA-600 / 3-79-091)
ERC 4 Agua marina (nivel 2)	6.06 x 10 <sup>-4</sup> mg/L (Amoniaco total)  2.31 x 10 <sup>-5</sup> mg/L (Amoniaco libre)	0.0011 mg/l (Amoniaco libre)	0.021	Conversión de Amoniaco total a Amoniaco libre basado en una fracción de 3.82% dada para un pH 8 y 25°C.  (Datos de referencia tabulados en el documento EPA EPA-600 / 3-79-091)
ERC 5 Agua dulce (nivel 1)	234 mg/L (Amoniaco total)  8.939 mg/L (Amoniaco libre)	0.0011 mg/l (Amoniaco libre)	8126	Conversión de Amoniaco total a Amoniaco libre basado en una fracción de 3.82% dada para un pH 8 y 25°C.  (Datos de referencia tabulados en el documento EPA EPA-600 / 3-79-091)
ERC 5 Agua marina (nivel 1)	23.4 mg/L (Amoniaco total)  0.8939 mg/L (Amoniaco libre)	0.0011 mg/l (Amoniaco libre)	813	Conversión de Amoniaco total a Amoniaco libre basado en una fracción de 3.82% dada para un pH 8 y 25°C.  (Datos de referencia tabulados en el documento EPA EPA-600 / 3-79-091)
ERC 5 Agua dulce (nivel 2)	1.46x 10 <sup>-3</sup> mg/L (Amoniaco total)  5.58 x 10 <sup>-5</sup> mg/L (Amoniaco libre)	0.0011 mg/l (Amoniaco libre)	0.051	Conversión de Amoniaco total a Amoniaco libre basado en una fracción de 3.82% dada para un pH 8 y 25°C.  (Datos de referencia tabulados en el documento EPA EPA-600 / 3-79-091)
ERC 5 Agua dulce (nivel 3)	3.17 x 10 <sup>-4</sup> mg/L (Amoniaco total)  1.21 x 10 <sup>-5</sup> mg/L (Amoniaco libre)	0.0011 mg/l (Amoniaco libre)	0.011	Conversión de Amoniaco total a Amoniaco libre basado en una fracción de 3.82% dada para un pH 8 y 25°C.  (Datos de referencia tabulados en el documento EPA EPA-600 / 3-79-091)
ERC 6b Agua dulce (nivel 1)	23.4 mg/L (Amoniaco total)  0.8939 mg/L (Amoniaco libre)	0.0011 mg/l (Amoniaco libre)	812.6	Conversión de Amoniaco total a Amoniaco libre basado en una fracción de 3.82% dada para un pH 8 y 25°C.  (Datos de referencia tabulados en el documento EPA EPA-600 / 3-79-091)

## Solución Amoniaca (20 - <25%)

	(Amoniaco libre)			
ERC 6b	2.34 mg/L (Amoniaco total)	0.0011 mg/l	81.262	Conversión de Amoniaco total a Amoniaco libre basado en una fracción de 3.82% dada para un pH 8 y 25°C.
Agua marina (nivel 1)	mg/L (Amoniaco libre)	(Amoniaco libre)		(Datos de referencia tabulados en el documento EPA EPA-600 / 3-79-091)
ERC 6b	4.54 x 10 <sup>-5</sup> mg/L (Amoniaco total)	0.0011 mg/l	1.58 x 10 <sup>-3</sup>	Conversión de Amoniaco total a Amoniaco libre basado en una fracción de 3.82% dada para un pH 8 y 25°C.
Agua dulce (nivel 2)	1.73 x 10 <sup>-6</sup> mg/L (Amoniaco libre)	(Amoniaco libre)		(Datos de referencia tabulados en el documento EPA EPA-600 / 3-79-091)
ERC 6b	5.19 x 10 <sup>-6</sup> mg/L (Amoniaco total)	0.0011 mg/l	1.80 x 10 <sup>-4</sup>	Conversión de Amoniaco total a Amoniaco libre basado en una fracción de 3.82% dada para un pH 8 y 25°C.
Agua marina (nivel 2)	1.98 x 10 <sup>-7</sup> mg/L (Amoniaco libre)	(Amoniaco libre)		(Datos de referencia tabulados en el documento EPA EPA-600 / 3-79-091)
ERC 7	23.4 mg/L (Amoniaco total)	0.0011 mg/l	812.6	Conversión de Amoniaco total a Amoniaco libre basado en una fracción de 3.82% dada para un pH 8 y 25°C.
Agua dulce (nivel 1)	0.8939 mg/L (Amoniaco libre)	(Amoniaco libre)		(Datos de referencia tabulados en el documento EPA EPA-600 / 3-79-091)
ERC 7	2.34 mg/L (Amoniaco total)	0.0011 mg/l	81.262	Conversión de Amoniaco total a Amoniaco libre basado en una fracción de 3.82% dada para un pH 8 y 25°C.
Agua marina (nivel 1)	0.0894 mg/L (Amoniaco libre)	(Amoniaco libre)		(Datos de referencia tabulados en el documento EPA EPA-600 / 3-79-091)
ERC 7	1.46 x 10 <sup>-4</sup> mg/L (Amoniaco total)	0.0011 mg/l	5.07 x 10 <sup>-3</sup>	Conversión de Amoniaco total a Amoniaco libre basado en una fracción de 3.82% dada para un pH 8 y 25°C.
Agua dulce (nivel 2)	5.58 x 10 <sup>-6</sup> mg/L (Amoniaco libre)	(Amoniaco libre)		(Datos de referencia tabulados en el documento EPA EPA-600 / 3-79-091)
ERC 7	3.17 x 10 <sup>-5</sup> mg/L (Amoniaco total)	0.0011 mg/l	1.10 x 10 <sup>-3</sup>	Conversión de Amoniaco total a Amoniaco libre basado en una fracción de 3.82% dada para un pH 8 y 25°C.
Agua marina (nivel 2)	1.21 x 10 <sup>-6</sup> mg/L (Amoniaco libre)	(Amoniaco libre)		(Datos de referencia tabulados en el documento EPA EPA-600 / 3-79-091)

**Se obtuvieron los siguientes valores para la exposición de los trabajadores empleando ECETOC TRA**

**Exposición dérmica estimada con el modelo ECETOC TRA**

Descripción de la actividad	PROC	Supuestos de la exposición		Exposición estimada mg/kg peso corporal/día	
		Duración	Uso de ventilación	Sin guantes	Con guantes (reducción del 90%)
<b>Información para el Contribución al escenario 2:</b>					
Uso en un proceso cerrado sin probabilidad de exposición: almacenamiento (cerrado o recipiente a granel)	PROC 1	1-4 h o > 4 h	Exterior / Interior sin ventilación por extracción	0,34	0,03
<b>Información para el Contribución al escenario 3:</b>					
Uso en un proceso continuo cerrado con exposición ocasional controlada (p. ej. toma)	PROC 2	1-4 h o > 4 h	Exterior / Interior sin ventilación por extracción	1,37	0,14
			Interior con ventilación por extracción	0,14	0,01
<b>Información para el Contribución al escenario 4:</b>					

## Solución Amoniaca (20 - <25%)

Uso en procesos cerrados por etapas (síntesis o elaboración)	PROC 3	1-4 h o > 4 h	Exterior/Interior sin ventilación por extracción	0,34	0,03
		1-4 h o > 4 h	Interior con ventilación por extracción	0,03	< 0,01
Uso en procesos por etapas (síntesis) en los que hay oportunidad de exposición	PROC 4	1-4 h o > 4 h	Exterior/Interior sin ventilación por extracción	6,86	0,69
		1-4 h o > 4 h	Interior con ventilación por extracción	0,69	0,07
<b>Información para el Contribución al escenario 5:</b>					
Mezcla en procesos por etapas	PROC 5	1-4 h o > 4 h	Exterior/Interior sin ventilación por extracción	13,71	1,37
		1-4 h o > 4 h	Interior con ventilación por extracción	0,07	0,01
<b>Información para el Contribución al escenario 6:</b>					
Pulverización industrial	PROC 7	1-4 h o > 4 h	Exterior/Interior sin ventilación por extracción	42,86	4,29
		1-4 h o > 4 h	Interior con ventilación por extracción	2,14	0,21
<b>Información para el Contribución al escenario 7:</b>					
Trasvase (carga/descarga) entre recipientes o contenedores grandes en	PROC 8b	1-4 h o > 4 h	Exterior/Interior sin ventilación por extracción	6,86	0,69
		1-4 h o > 4 h	Interior con ventilación por extracción	0,69	0,07
<b>Información para el Contribución al escenario 8:</b>					
Trasvase a recipientes pequeños	PROC 9	1-4 h o > 4 h	Exterior/Interior sin ventilación por extracción	6,86	0,69
		1-4 h o > 4 h	Interior con ventilación por extracción	0,69	0,07
<b>Información para el Contribución al escenario 9:</b>					
Aplicación con rodillo o cepillo	PROC 10	1-4 h o > 4 h	Exterior/Interior sin ventilación por extracción	27,43	0,14
		1-4 h o > 4 h	Interior con ventilación por extracción	1,37	10,71
<b>Información para el Contribución al escenario 10</b>					
Tratamiento de artículos por baño y vertido	PROC 13	1-4 h o > 4 h	Exterior/Interior sin ventilación por extracción	13,71	1,37
		1-4 h o > 4 h	Interior con ventilación por extracción	0,69	0,07
<b>Información para el Contribución al escenario 11:</b>					
Mezcla manual con contacto estrecho y sólo equipo de protección	PROC 19	1-4 h o > 4 h	Exterior/Interior sin ventilación por extracción	141,73	14,13

Exposición inhalatoria estimada con el modelo ECETOC TRA

Descripción de la actividad	PROC	Supuestos de la exposición		Amoniaco acuoso (5-25% en peso)			
		Duración	Uso de ventilación	Concentración estimada de exposición mg/m3			
				Sin equipo de protección respiratoria	Con equipo de protección respiratoria (reducción del 95%)	Sin equipo de protección respiratoria	Con equipo de protección respiratoria (reducción del 95%)
<b>Información para el escenario 2:</b>							
Se usa en un proceso cerrado sin probabilidad de exposición: almacenamiento (cerrado o recipiente a granel)	PROC 1	1-4 h o > 4 h	Exteriores	0	NA	0,01	NA
		1-4 h o > 4 h	Interior sin ventilación por extracción	0,01	NA	0,01	NA
<b>Información para el escenario 3:</b>							
Uso en un proceso continuo cerrado con exposición ocasional controlada (p. ej. toma de muestras)	PROC 2	> 4 h	Exteriores	24,79	1,24	30,63	1,53
		> 4 h	Interior sin ventilación por extracción	35,42	1,77	43,75	2,19
		> 4 h	Interior con ventilación por extracción	3,53	0,18	4,38	0,22
		1-4 h	Exteriores	14,88	0,74	18,38	0,92
		1-4 h	Interior sin ventilación por extracción	22,25	1,06	26,25	1,31
		1-4 h	Interior con ventilación por extracción	2,13	0,11	2,63	0,13
<b>Información para el escenario 4:</b>							
Uso en procesos	PROC 3	> 4 h	Exteriores	40,50	2,10	61,25	3,06

## Solución Amoniaca (20 - <25%)

Uso en procesos cerrados por etapas (síntesis o elaboración)	PROC 3	> 4 h	Exteriores	49,58	2,48	61,25	3,06
		> 4 h	Interior sin ventilación por extracción	70,83	3,54	87,5	4,38
		> 4 h	Interior con ventilación por extracción	7,08	0,35	8,75	0,44
		1-4 h	Exteriores	29,75	1,49	36,75	1,84
		1-4 h	Interior sin ventilación por extracción	42,5	2,13	52,5	2,63
		1-4 h	Interior con ventilación por extracción	4,25	0,21	5,25	0,26
		Uso en procesos por etapas (síntesis) en los que hay oportunidad de exposición	PROC 4	> 4 h	Exteriores	49,58	2,48
> 4 h	Interior sin ventilación por extracción			70,83	3,54	87,5	4,38
> 4 h	Interior con ventilación por extracción			7,08	0,35	8,75	0,44
1-4 h	Exteriores			29,75	1,49	36,75	1,84
1-4 h	Interior sin ventilación por extracción			42,5	2,13	52,5	2,63
1-4 h	Interior con ventilación por extracción			4,25	0,21	5,25	0,26
<b>Información para el escenario 5:</b>							
Mezcla en procesos por etapas	PROC 5	> 4 h	Exteriores	123,96	6,2	153,13	7,66
		> 4 h	Interior sin ventilación por extracción	177,08	8,85	218,75	10,94
		> 4 h	Interior con ventilación por extracción	17,71	0,89	21,88	1,09
		1-4 h	Exteriores	74,38	3,72	91,88	4,59
		1-4 h	Interior sin ventilación por extracción	106,25	5,31	131,25	6,56
		1-4 h	Interior con ventilación por extracción	10,63	0,53	13,13	0,66
		<b>Información para el escenario 6:</b>					
Pulverización industrial	PROC 7	> 4 h	Exteriores	NA	NA	306,25	15,31
		> 4 h	Interior sin ventilación por extracción	NA	NA	437,5	21,88
		> 4 h	Interior con ventilación por extracción	NA	NA	21,88	1,09
		1-4 h	Exteriores	NA	NA	183,75	9,19
		1-4 h	Interior sin ventilación por extracción	NA	NA	262,5	13,13
		1-4 h	Interior con ventilación por extracción	NA	NA	13,13	0,66
<b>Información para el escenario 7:</b>							
Trasvase de amoniaco (carga/descarga) entre recipientes o contenedores grandes en instalaciones especializadas	PROC 8b	> 4 h	Exteriores	74,38	3,72	91,88	4,59
		> 4 h	Interior sin ventilación por extracción	106,25	5,31	131,25	6,56
		> 4 h	Interior con ventilación por extracción	3,19	0,16	3,94	0,2
		1-4 h	Exteriores	44,63	2,23	55,13	2,76
		1-4 h	Interior sin ventilación por extracción	63,75	3,19	78,75	3,94
		1-4 h	Interior con ventilación por extracción	1,91	0,1	2,36	0,12
<b>Información para el escenario 8:</b>							
Trasvase a recipientes pequeños	PROC 9	> 4 h	Exteriores	99,17	4,96	122,5	6,13
		> 4 h	Interior sin ventilación por extracción	141,67	7,08	175	8,75
		> 4 h	Interior con ventilación por extracción	14,17	0,71	17,5	0,88
		1-4 h	Exteriores	59,5	2,98	73,5	3,68

## Solución Amoniaca (20 - <25%)

		1-4 h	Interior sin ventilación por extracción	85	4,25	105	5,25
		1-4 h	Interior con ventilación por extracción	8,5	0,43	10,5	0,53
<b>Información para el escenario 9:</b>							
Aplicación con rodillo o cepillo	PROC 10	> 4 h	Exteriores	NA	NA	153,13	7,66
		> 4 h	Interior sin ventilación por extracción	NA	NA	218,75	10,94
		> 4 h	Interior con ventilación por extracción	NA	NA	21,88	1,09
		1-4 h	Exteriores	NA	NA	91,88	4,59
		1-4 h	Interior sin ventilación por extracción	NA	NA	131,25	6,56
		> 4 h	Exteriores	NA	NA	13,13	0,66
<b>Información para el escenario 10:</b>							
Tratamiento de artículos por baño y vertido	PROC 13	> 4 h	Exteriores	123,96	6,2	153,13	7,66
		> 4 h	Interior sin ventilación por extracción	177,08	8,85	218,75	10,94
		> 4 h	Interior con ventilación por extracción	17,71	0,89	21,88	1,09
		1-4 h	Exteriores	74,38	3,72	91,88	4,59
		1-4 h	Interior sin ventilación por extracción	106,25	5,31	131,25	6,56
		1-4 h	Interior con ventilación por extracción	10,63	0,53	13,13	0,66
<b>Información para el escenario 11:</b>							
Mezcla manual con contacto estrecho y sólo equipo de protección	PROC 19	< 4 h	Exteriores	--	--	153,13	7,66
		< 4 h	Interior sin ventilación por extracción	--	--	218,75	10,94
		1-4 h	Exteriores	--	--	91,88	4,59
		1-4 h	Interior sin ventilación por extracción	--	--	131,25	6,56

Los siguientes valores RCR se obtuvieron utilizando ECETOC TRA y los DNEL pertinentes.

Caracterización cuantitativa del riesgo de la exposición dérmica de los trabajadores industriales de amoníaco anhidro o acuoso (en mezclas del 5-<25% en peso) (ES 4: uso industrial)

Código PROC	Supuestos de la exposición		ES 4: concentraciones de exposición (EC) mg/kg peso corporal/día		Efectos sistémicos agudos/a DNEL = 6,8 mg/kg peso	
			Sin guantes	Con guantes (reducción del 90%)	Sin guantes	Con guantes (reducción del 90%)
Proporción de la caracterización del riesgo						
<b>Información para el escenario contributivo 2:</b>						
PROC 1	1-4 h o > 4 h	Exterior / Interior sin ventilación por extracción	0,34	0,03	0,05	0,01
<b>Información para el escenario contributivo 3:</b>						
PROC 2	1-4 h o > 4 h	Exterior / Interior sin ventilación por extracción	1,37	0,14	0,2	0,02
		Interior con ventilación por extracción	0,14	0,01	0,02	< 0,01
<b>Información para el escenario contributivo 4:</b>						
PROC 3	1-4 h o > 4 h	Exterior / Interior sin ventilación por extracción	0,34	0,03	0,05	0,01
		Interior con ventilación por extracción	0,03	< 0,01	0,01	< 0,01
PROC 4	1-4 h o > 4 h	Exterior / Interior sin ventilación por extracción	6,86	0,69	1,01	0,1
		Interior con ventilación por extracción	0,69	0,07	0,1	0,01
<b>Información para el escenario contributivo 5:</b>						
PROC 5	1-4 h o > 4 h	Exterior / Interior sin ventilación por extracción	13,71	1,37	2,02	0,2
		Interior con ventilación por extracción	0,07	0,01	0,01	< 0,01

## Solución Amoniaca (20 - <25%)

extracción						
<b>Información para el escenario contributivo 6:</b>						
PROC 7	1-4 h o > 4 h	Exterior / Interior sin ventilación por extracción	42,86	4,29	6,3	0,63
		Interior con ventilación por extracción	2,14	0,21	0,32	0,03
<b>Información para el escenario contributivo 7:</b>						
PROC 8b	1-4 h o > 4 h	Exterior/Interior sin ventilación por extracción	6,86	0,69	1,01	0,1
		Interior con ventilación por extracción	0,69	0,07	0,1	0,01
<b>Información para el Contribución al escenario 8:</b>						
PROC 9	1-4 h o > 4 h	Exterior/Interior sin ventilación por extracción	6,86	0,69	1,01	0,1
		Interior con ventilación por extracción	0,69	0,07	0,1	0,01
<b>Información para el Contribución al escenario 9:</b>						
PROC 10	1-4 h o > 4 h	Exterior/Interior sin ventilación por extracción	27,43	2,74	4,03	0,4
		Interior con ventilación por extracción	1,37	0,14	0,2	0,02
<b>Información para el Contribución al escenario 10:</b>						
PROC 13	1-4 h o > 4 h	Exterior/Interior sin ventilación por extracción	13,71	1,37	2,02	0,2
		Interior con ventilación por extracción	0,69	0,07	0,1	0,01
<b>Información para el Contribución al escenario 11:</b>						
PROC 19	1-4 h o > 4 h	Exterior/Interior sin ventilación por extracción	141,73	14,14	20,8	2,08 *

\*Un ajuste para una exposición dérmica del 10% aporta una exposición dérmica de 1,41 mg/kg peso corporal/día, asumiendo que se llevan guantes que ofrecen una protección del 90% y que el RCR = 0,2.

Caracterización cuantitativa del riesgo por inhalación de las concentraciones de amoníaco anhidro a las que los trabajadores industriales se ven expuestos (ES 4 - uso industrial)

Descripción de la actividad	PROC	Supuestos de exposición		Amoniaco anhidro		Soluciones acuosas de amoníaco (5-25% p/p)	
				Concentración de exposición estimada mg/m <sup>3</sup>		Concentración de exposición estimada mg/m <sup>3</sup>	
				No RPE	RPE (95% reducción)	No RPE	RPE (95% reducción)
PROC 1: Uso en procesos cerrados, exposición improbable	PROC 1	1-4 hrs or >4 hrs	Exterior	0.00	NA	0.01	0.00
		1-4 hrs or >4 hrs	Interior sin LEV	0.01	NA	0.01	0.00
Utilización en procesos cerrados y continuos con exposición ocasional controlada	PROC 2	>4hrs	Exterior	24.79	1.24	30.63	1.53
		>4hrs	Interior sin LEV	35.42	1.77	43.75	2.19
		>4hrs	Indoors with LEV	3.53	0.18	4.38	0.22
		1-4 hrs	Exterior	14.88	0.74	18.38	0.92
		1-4 hrs	Interior sin LEV	22.25	1.06	26.25	1.31
		1-4 hrs	Indoors with LEV	2.13	0.11	2.63	0.13
Uso en procesos por lotes cerrados (síntesis o formulación)	PROC 3	>4hrs	Exterior	49.58	2.48	61.25	3.06
		>4hrs	Interior sin LEV	70.83	3.54	87.5	4.38
		>4hrs	Indoors with LEV	7.08	0.35	8.75	0.44
		1-4 hrs	Exterior	29.75	1.49	36.75	1.84
		1-4 hrs	Interior sin LEV	42.5	2.13	52.50	2.63
		1-4 hrs	Indoors with LEV	4.25	0.21	5.25	0.26
Utilización en procesos por lotes y de otro tipo (síntesis) en los que se puede producir la exposición	PROC 4	>4hrs	Exterior	49.58	2.48	61.25	3.06
		>4hrs	Interior sin LEV	70.83	3.54	87.5	4.38
		>4hrs	Indoors with LEV	7.08	0.35	8.75	0.44
		1-4 hrs	Exterior	29.75	1.49	36.75	1.84
		1-4 hrs	Interior sin LEV	42.5	2.13	52.5	2.63
		1-4 hrs	Indoors with LEV	4.25	0.21	5.25	0.26
Mezclado en procesos por lotes para la formulación de mezclas		>4hrs	Exterior	123.96	6.20	153.13	7.66
		>4hrs	Interior sin LEV	177.08	8.85	218.75	10.94
		>4hrs	Indoors with LEV	17.71	0.89	21.88	1.09

## Solución Amoniaca (20 - <25%)

de mezclas y artículos (fases múltiples y/o contacto significativo)	PROC 5	1-4 hrs	Exterior	74.38	3.72	91.88	4.59
		1-4 hrs	Interior sin LEV	106.25	5.31	131.25	6.56
		1-4 hrs	Indoors with LEV	10.63	0.53	13.13	0.66
Pulverización industrial	PROC 7	>4hrs	Exterior	NA	NA	306.25	15.31
		>4hrs	Interior sin LEV	NA	NA	437.5	21.88
		>4hrs	Indoors with LEV	NA	NA	21.88	1.09
		1-4 hrs	Exterior	NA	NA	183.75	9.19
		1-4 hrs	Interior sin LEV	NA	NA	262.5	13.13
		1-4 hrs	Indoors with LEV	NA	NA	13.13	0.66
Transferencia de sustancias o preparados (carga/descarga) de o hacia buques o grandes contenedores en instalaciones especializadas	PROC 8b	>4hrs	Exterior	74.38	3.72	91.88	4.59
		>4hrs	Interior sin LEV	106.25	5.31	131.25	6.56
		>4hrs	Indoors with LEV	3.19	0.16	3.94	0.20
		1-4 hrs	Exterior	44.63	2.23	55.13	2.76
		1-4 hrs	Interior sin LEV	63.75	3.19	78.75	3.94
		1-4 hrs	Indoors with LEV	1.91	0.1	2.36	0.12
Transferencia de sustancias o preparados en pequeños contenedores (líneas de llenado especializadas, incluido el pesaje)	PROC 9	>4hrs	Exterior	99.17	4.96	122.50	6.13
		>4hrs	Interior sin LEV	141.67	7.08	175.00	8.75
		>4hrs	Indoors with LEV	14.17	0.71	17.50	0.88
		1-4 hrs	Exterior	59.50	2.98	73.50	3.68
		1-4 hrs	Interior sin LEV	85.00	4.25	105.00	5.25
		1-4 hrs	Indoors with LEV	8.5	0.43	10.50	0.53
Aplicación mediante rodillo o brocha	PROC 10	>4hrs	Exterior	NA	NA	153.13	7.66
		>4hrs	Interior sin LEV	NA	NA	218.75	10.94
		>4hrs	Indoors with LEV	NA	NA	21.88	1.09
		1-4 hrs	Exterior	NA	NA	91.88	4.59
		1-4 hrs	Interior sin LEV	NA	NA	131.25	6.56
		>4hrs	Exterior	NA	NA	13.13	0.66
Tratamiento de artículos mediante inmersión y derrame	PROC 13	>4hrs	Exterior	123.96	6.20	153.13	7.66
		>4hrs	Interior sin LEV	177.08	8.85	218.75	10.94
		>4hrs	Indoors with LEV	17.71	0.89	21.88	1.09
		1-4 hrs	Exterior	74.38	3.72	91.88	4.59
		1-4 hrs	Interior sin LEV	106.25	5.31	131.25	6.56
		1-4 hrs	Indoors with LEV	10.63	0.53	13.13	0.66
Mezclado manual con contacto estrecho y utilización únicamente de equipos de protección personal	PROC 19	<4 hrs	Exterior	NA	NA	153.13	7.66
		<4 hrs	Interior sin LEV	NA	NA	218.75	10.94
		1-4 hrs	Exterior	NA	NA	91.88	4.59
		1-4 hrs	Interior sin LEV	NA	NA	131.25	6.56

**Caracterización cuantitativa del riesgo por inhalación** de las concentraciones de amonio acuoso (en mezclas del 5-<25% en peso) a las que los trabajadores se ven expuestos (ES 4 - uso industrial)

Código PROC	Supuestos de exposición		ES 4- concentración de exposición mg/m3		Efectos sistémicos agudos/largo plazo		Agudo - efectos locales		Largo plazo - efectos locales	
					DNEL = 47.6 mg/m3		DNEL = 36 mg/m3		DNEL = 14 mg/m3	
	Duración	Uso de ventilación	No RPE	RPE (95% reducción)	No RPE	RPE - 95% reducción	No RPE	RPE -95% reducción	No RPE	RPE -95% reducción
	1-4 hrs or >4	Exterior	0.00	NA	<0.01	NA	<0.01	NA	<0.01	NA



## Solución Amoniaca (20 - <25%)

PROC 1	hrs	Interior sin LEV	0.01	NA	<0.01	NA	<0.01	NA	<0.01	NA
PROC 2	>4hrs	Exterior	30.63	1.53	0.64	0.03	0.85	0.04	2.19	0.11
		Interior sin LEV	43.75	2.19	0.92	0.05	1.22	0.06	3.13	0.16
		Interior with LEV	4.38	0.22	0.09	0.00	0.12	0.01	0.31	0.02
	1-4 hrs	Exterior	18.38	0.92	0.39	0.02	0.51	0.03	1.31	0.07
		Interior sin LEV	26.25	1.31	0.55	0.03	0.73	0.04	1.88	0.09
		Interior with LEV	2.63	0.13	0.06	0.00	0.07	<0.01	0.19	0.01
PROC 3	>4hrs	Exterior	61.25	3.06	1.29	0.06	1.70	0.09	4.38	0.22
		Interior sin LEV	87.5	4.38	1.84	0.09	2.43	0.12	6.25	0.31
		Interior with LEV	8.75	0.44	0.18	0.01	0.24	0.01	0.63	0.03
	1-4 hrs	Exterior	36.75	1.84	0.77	0.04	1.02	0.05	2.63	0.13
		Interior sin LEV	52.50	2.63	1.10	0.06	1.46	0.07	3.75	0.19
		Interior with LEV	5.25	0.26	0.11	0.01	0.15	0.01	0.38	0.02
PROC 4	>4hrs	Exterior	61.25	3.06	1.29	0.06	1.70	0.09	4.38	0.22
		Interior sin LEV	87.5	4.38	1.84	0.09	2.43	0.12	6.25	0.31
		Interior with LEV	8.75	0.44	0.18	0.01	0.24	0.01	0.63	0.03
	1-4 hrs	Exterior	36.75	1.84	0.77	0.04	1.02	0.05	2.63	0.13
		Interior sin LEV	52.5	2.63	1.10	0.06	1.46	0.07	3.75	0.19
		Interior with LEV	5.25	0.26	0.11	0.01	0.15	0.01	0.38	0.02
PROC 5	>4hrs	Exterior	153.13	7.66	3.22	0.16	4.25	0.21	10.94	0.55
		Interior sin LEV	218.75	10.94	4.60	0.23	6.08	0.30	15.63	0.78
		Interior with LEV	21.88	1.09	0.46	0.02	0.61	0.03	1.56	0.08
	1-4 hrs	Exterior	91.88	4.59	1.93	0.10	2.55	0.13	6.56	0.33
		Interior sin LEV	131.25	6.56	2.76	0.14	3.65	0.18	9.38	0.47
		Interior with LEV	13.13	0.66	0.28	0.01	0.36	0.02	0.94	0.05
PROC 7	>4hrs	Exterior	306.25	15.31	6.43	0.32	8.51	0.43	21.88	1.09
		Interior sin LEV	437.5	21.88	9.19	0.46	12.15	0.61	31.25	1.56
		Interior with LEV	21.88	1.09	0.46	0.02	0.61	0.03	1.56	0.08
	1-4 hrs	Exterior	183.75	9.19	3.86	0.19	5.10	0.26	13.13	0.66
		Interior sin LEV	262.5	13.13	5.51	0.28	7.29	0.36	18.75	0.94
		Interior with LEV	13.13	0.66	0.28	0.01	0.36	0.02	0.94	0.05
PROC 8b	>4 hrs	Exterior	91.88	4.59	1.93	0.10	2.55	0.13	6.56	0.33
		Interior sin LEV	131.25	6.56	2.76	0.14	3.65	0.18	9.38	0.47
		Interior with LEV	3.94	0.20	0.08	0.00	0.11	0.01	0.28	0.01
	1-4 hrs	Exterior	55.13	2.76	1.16	0.06	1.53	0.08	3.94	0.20
		Interior sin LEV	78.75	3.94	1.65	0.08	2.19	0.11	5.63	0.28
		Interior with LEV	2.36	0.12	0.05	0.00	0.07	<0.01	0.17	0.01
PROC 9	>4hrs	Exterior	122.50	6.13	2.57	0.13	3.40	0.17	8.75	0.44
		Interior sin LEV	175.00	8.75	3.68	0.18	4.86	0.24	12.50	0.63
		Interior with LEV	17.50	0.88	0.37	0.02	0.49	0.02	1.25	0.06
	1-4 hrs	Exterior	73.50	3.68	1.54	0.08	2.04	0.10	5.25	0.26
		Interior sin LEV	105.00	5.25	2.21	0.11	2.92	0.15	7.50	0.38
		Interior with LEV	10.50	0.53	0.22	0.01	0.29	0.01	0.75	0.04
PROC 10	>4hrs	Exterior	153.13	7.66	3.22	0.16	4.25	0.21	10.94	0.55
		Interior sin LEV	218.75	10.94	4.60	0.23	6.08	0.30	15.63	0.78
		Interior with LEV	21.88	1.09	0.46	0.02	0.61	0.03	1.56	0.08
	1-4 hrs	Exterior	91.88	4.59	1.93	0.10	2.55	0.13	6.56	0.33
		Interior sin LEV	131.25	6.56	2.76	0.14	3.65	0.18	9.38	0.47
		Interior with LEV	13.13	0.66	0.28	0.01	0.36	0.02	0.94	0.05
		Exterior	153.13	7.66	3.22	0.16	4.25	0.21	10.94	0.55

## Solución Amoniaca (20 - <25%)

PROC 13	>4hrs	Interior sin LEV	218.75	10.94	4.60	0.23	6.08	0.30	15.63	0.78
		Interior with LEV	21.88	1.09	0.46	0.02	0.61	0.03	1.56	0.08
	1-4 hrs	Exterior	91.88	4.59	1.93	0.10	2.55	0.13	6.56	0.33
		Interior sin LEV	131.25	6.56	2.76	0.14	3.65	0.18	9.38	0.47
		Interior with LEV	13.13	0.66	0.28	0.01	0.36	0.02	0.94	0.05
		Exterior	153.13	7.66	3.22	0.16	4.25	0.21	10.94	0.55
PROC 19	>4 hrs	Interior sin LEV	218.75	10.94	4.60	0.23	6.08	0.30	15.63	0.78
		Exterior	91.88	4.59	1.93	0.10	2.55	0.13	6.56	0.33
	1-4 hrs	Interior sin LEV	131.25	6.56	2.76	0.14	3.65	0.18	9.38	0.47
		Exterior	153.13	7.66	3.22	0.16	4.25	0.21	10.94	0.55

### 4 Orientación para usuarios intermedios para evaluar si trabajan dentro de los límites establecidos por el ES

Emisiones al medio ambiente:

Con el fin de trabajar dentro de los límites del escenario de exposición (ES), se deben cumplir las siguientes condiciones:

- Emisiones locales a la atmósfera menores de 70.000 kg/día.
- Cuando se utiliza un sistema de tratamiento de aguas residuales en la propia planta, el lodo resultante no debe verterse a la tierra.
- Se deben eliminar completamente las emisiones de las aguas residuales.
- Los residuos se pueden tratar externamente, en la planta de tratamiento o se pueden volver a reciclar en el proceso industrial.
- Se debería asegurar que las emisiones medidas causen concentraciones en el medio ambiente menores que el PNEC pertinente.
- No deben producirse vertidos de aguas residuales del laboratorio a las depuradoras municipales.

Exposición de los trabajadores:

Con el fin de trabajar dentro de los límites del escenario de exposición (ES), se deben cumplir las siguientes condiciones:

- Cuando la ventilación natural no sea suficiente en las instalaciones interiores, se debe colocar un sistema de ventilación con extracción localizada (LEV).
- Cuando exista riesgo de exposición dérmica, se deberán utilizar guantes con una eficiencia mínima del 90% y equipos de protección respiratoria con una eficiencia del 95%.
- Se deberá llevar a cabo una vigilancia médica regular con el fin de determinar los niveles de exposición potenciales.
- Se debería utilizar ropa de protección (p. ej.: protección para la cara, los ojos, casco, guantes, botas y una bata o mono de protección) cuando surja alguna posibilidad de que se produzca contacto.
- Todos los dispositivos tecnológicos deberían tener un certificado de calidad adecuado y superar con regularidad controles y mantenimiento para evitar fugas descontroladas de amoniaco.
- Los trabajadores deben contar con una formación completa.
- Se debe confirmar que cualquier medida de los niveles de exposición de los trabajadores es inferior al DNEL pertinente, como se indica en el apartado 3.

## Solución Amoniaca (20 - <25%)

### Anexos de la Ficha de Datos de Seguridad Escenario de Exposición 5

1	<b>Título del Escenario de Exposición</b>										
	Uso profesional amplio y dispersivo del amoníaco anhidro y del amoníaco acuoso										
2	<b>Descripción de las actividades o procesos cubiertos por el escenario de exposición</b>										
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Sector de Uso (SU)</td> <td>SU1, SU4, SU5, SU6a, SU8, SU9, SU10, SU11, SU12, SU15, SU16, SU23, SU24</td> </tr> <tr> <td>Categoría de Producto (PC)</td> <td>PC 9a, PC 12, PC 14, PC 15, PC 16, PC 19, PC 20, PC 21, PC 29, PC 30, PC 37, PC 40</td> </tr> <tr> <td>Categoría del Proceso (PROC)</td> <td>                     PROC 1: Uso en procesos cerrados, exposición improbable                      PROC 2: Utilización en procesos cerrados y continuos con exposición ocasional controlada                      PROC 3: Uso en procesos por lotes cerrados (síntesis o formulación)                      PROC 4: Utilización en procesos por lotes y de otro tipo (síntesis) en los que se puede producir la exposición                      PROC 5: Mezclado en procesos por lotes para la formulación de mezclas y artículos (fases múltiples y/o contacto significativo)                      PROC 8a: Transferencia de sustancias o preparados (carga/descarga) de o hacia buques o grandes contenedores en instalaciones no especializadas                      PROC 8b: Transferencia de sustancias o preparados (carga/descarga) de o hacia buques o grandes contenedores en instalaciones especializadas                      PROC 9: Transferencia de sustancias o preparados en pequeños contenedores (líneas de llenado especializadas, incluido el pesaje)                      PROC 10: Aplicación mediante rodillo o brocha                      PROC 11: Pulverización no industrial                      PROC 13: Tratamiento de artículos mediante inmersión y derrame                      PROC 15: Uso como reactivo de laboratorio                      PROC 19: Mezclado manual con contacto estrecho y utilización únicamente de equipos de protección personal                      PROC 20: Fluidos portadores de calor y presión en sistemas dispersivos de uso profesional, pero cerrados                 </td> </tr> <tr> <td>Categoría del Artículo (AC)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Categoría de Emisión Ambiental (ERC)</td> <td>                     ERC 8b: Amplio uso dispersivo interior de sustancias reactivas en sistemas abiertos                      ERC 8e: Amplio uso dispersivo exterior de sustancias reactivas en sistemas abiertos                      ERC 8f: Amplio uso dispersivo exterior resultando en una inclusión en una matriz                      ERC 9a: Amplio uso dispersivo interior de sustancias en sistemas cerrados                      ERC 9b: Amplio uso dispersivo exterior de sustancias en sistemas cerrados                 </td> </tr> </table> <p>Los profesionales utilizan el amoníaco anhidro líquido (&gt;99,5 % en peso) y la solución acuosa de amoníaco (5 -&lt;25% en peso) en aplicaciones muy diversas. Las aplicaciones más comunes del amoníaco son las siguientes: sustancia química en el laboratorio, refrigerante en sistemas de refrigeración, sustancia química para el tratamiento del agua, fertilizante, revestimiento, diluyente o disolvente de pintura, sustancia fotoquímica, producto de limpieza, producto para tratar el cuero u otras superficies, regulador del pH o agente neutralizador y aditivo tecnológico en alimentación.</p> <p>Las actividades típicas relacionadas con los usos profesionales del amoníaco en los que se puede producir una exposición al mismo incluyen: trabajar con equipo que contenga amoníaco (como válvulas de apertura y de cierre), trasvasar amoníaco entre recipientes de almacenamiento utilizando tubos o mangueras, conservar el equipo y aplicar productos basados en amoníaco (fertilizantes, productos de limpieza o de tratamiento de superficies).</p> <p>Las condiciones operativas de los diversos escenarios de usos profesionales del amoníaco anhidro y de otras formas acuosas de amoníaco varían en gran medida de una aplicación a otra. Por tanto, en este escenario de exposición resulta imposible realizar una caracterización completa de la frecuencia y la duración de las tareas. Con el fin de estimar la exposición de los trabajadores, se han representado las condiciones operativas de forma general asumiendo que las tareas pueden tener una duración de 1-4 horas o de más de 4 horas y que los procesos se pueden realizar en exteriores o en interiores con o sin ventilación con extracción. Estas hipótesis cubren la gran variedad de tareas asociadas con los usos profesionales del amoníaco.</p>	Sector de Uso (SU)	SU1, SU4, SU5, SU6a, SU8, SU9, SU10, SU11, SU12, SU15, SU16, SU23, SU24	Categoría de Producto (PC)	PC 9a, PC 12, PC 14, PC 15, PC 16, PC 19, PC 20, PC 21, PC 29, PC 30, PC 37, PC 40	Categoría del Proceso (PROC)	PROC 1: Uso en procesos cerrados, exposición improbable PROC 2: Utilización en procesos cerrados y continuos con exposición ocasional controlada PROC 3: Uso en procesos por lotes cerrados (síntesis o formulación) PROC 4: Utilización en procesos por lotes y de otro tipo (síntesis) en los que se puede producir la exposición PROC 5: Mezclado en procesos por lotes para la formulación de mezclas y artículos (fases múltiples y/o contacto significativo) PROC 8a: Transferencia de sustancias o preparados (carga/descarga) de o hacia buques o grandes contenedores en instalaciones no especializadas PROC 8b: Transferencia de sustancias o preparados (carga/descarga) de o hacia buques o grandes contenedores en instalaciones especializadas PROC 9: Transferencia de sustancias o preparados en pequeños contenedores (líneas de llenado especializadas, incluido el pesaje) PROC 10: Aplicación mediante rodillo o brocha PROC 11: Pulverización no industrial PROC 13: Tratamiento de artículos mediante inmersión y derrame PROC 15: Uso como reactivo de laboratorio PROC 19: Mezclado manual con contacto estrecho y utilización únicamente de equipos de protección personal PROC 20: Fluidos portadores de calor y presión en sistemas dispersivos de uso profesional, pero cerrados	Categoría del Artículo (AC)		Categoría de Emisión Ambiental (ERC)	ERC 8b: Amplio uso dispersivo interior de sustancias reactivas en sistemas abiertos ERC 8e: Amplio uso dispersivo exterior de sustancias reactivas en sistemas abiertos ERC 8f: Amplio uso dispersivo exterior resultando en una inclusión en una matriz ERC 9a: Amplio uso dispersivo interior de sustancias en sistemas cerrados ERC 9b: Amplio uso dispersivo exterior de sustancias en sistemas cerrados
Sector de Uso (SU)	SU1, SU4, SU5, SU6a, SU8, SU9, SU10, SU11, SU12, SU15, SU16, SU23, SU24										
Categoría de Producto (PC)	PC 9a, PC 12, PC 14, PC 15, PC 16, PC 19, PC 20, PC 21, PC 29, PC 30, PC 37, PC 40										
Categoría del Proceso (PROC)	PROC 1: Uso en procesos cerrados, exposición improbable PROC 2: Utilización en procesos cerrados y continuos con exposición ocasional controlada PROC 3: Uso en procesos por lotes cerrados (síntesis o formulación) PROC 4: Utilización en procesos por lotes y de otro tipo (síntesis) en los que se puede producir la exposición PROC 5: Mezclado en procesos por lotes para la formulación de mezclas y artículos (fases múltiples y/o contacto significativo) PROC 8a: Transferencia de sustancias o preparados (carga/descarga) de o hacia buques o grandes contenedores en instalaciones no especializadas PROC 8b: Transferencia de sustancias o preparados (carga/descarga) de o hacia buques o grandes contenedores en instalaciones especializadas PROC 9: Transferencia de sustancias o preparados en pequeños contenedores (líneas de llenado especializadas, incluido el pesaje) PROC 10: Aplicación mediante rodillo o brocha PROC 11: Pulverización no industrial PROC 13: Tratamiento de artículos mediante inmersión y derrame PROC 15: Uso como reactivo de laboratorio PROC 19: Mezclado manual con contacto estrecho y utilización únicamente de equipos de protección personal PROC 20: Fluidos portadores de calor y presión en sistemas dispersivos de uso profesional, pero cerrados										
Categoría del Artículo (AC)											
Categoría de Emisión Ambiental (ERC)	ERC 8b: Amplio uso dispersivo interior de sustancias reactivas en sistemas abiertos ERC 8e: Amplio uso dispersivo exterior de sustancias reactivas en sistemas abiertos ERC 8f: Amplio uso dispersivo exterior resultando en una inclusión en una matriz ERC 9a: Amplio uso dispersivo interior de sustancias en sistemas cerrados ERC 9b: Amplio uso dispersivo exterior de sustancias en sistemas cerrados										
2.1	<b>Escenario contributivo (1) que controla la exposición medioambiental correspondiente al ES 5 (Escenario de Exposición 5)</b>										
	Exposición medioambiental debida a los usos profesionales amplios y dispersivos del amoníaco anhidro y acuoso										
	<p>La sección 2.1 describe las emisiones medioambientales que se pueden producir durante los usos profesionales amplios y dispersivos del amoníaco anhidro y acuoso. Estas emisiones podrían darse en forma de aguas residuales o emisiones a la atmósfera. Debido a la naturaleza amplia y dispersiva de estos usos, se espera que las emisiones de fuentes locales sean bajas y no se esperan concentraciones significativas en el medio ambiente.</p> <p>Las emisiones de bajo nivel pueden ser exteriores o interiores y pueden estar dirigidas a la atmósfera o a la planta municipal de tratamiento de aguas residuales. En realidad, la eliminación del amoníaco en las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales es muy eficiente, puesto que las soluciones de amoníaco son fácilmente biodegradables.</p> <p>La mayor parte del amoníaco en el medio ambiente proviene de fuentes naturales, en especial de materia orgánica en descomposición. Los usos profesionales amplios y dispersivos del amoníaco son muy diversos y extendidos. No se espera que la exposición medioambiental resultante contribuya a elevar de manera significativa los niveles existentes de amoníaco en el medio ambiente. Por tanto, en el apartado 3 no se muestra una evaluación adicional de la exposición medioambiental.</p>										
	<b>Características del producto</b>										
	El amoníaco anhidro es un gas incoloro a presión y temperatura ambiente, con una pureza normal de aproximadamente el 99,9%. Se ha indicado que la presión del vapor del amoníaco anhidro es de 8,611 hPa a 20 °C. El amoníaco anhidro es muy soluble en agua: 48.200-53.100 mg/l. El amoníaco anhidro se considera inflamable. El amoníaco acuoso formulado tiene una presión de vapor de 287 hPa y se considera fácilmente biodegradable.										
	<b>Cantidades utilizadas</b>										
	En el uso profesional se esperan observar pequeñas cantidades usadas a nivel local, con un uso muy difundido en toda la UE										
	<b>Frecuencia y duración del uso</b>										
	Uso variable de nivel bajo.										
	<b>Factores medioambientales no influenciados por la gestión del riesgo</b>										
	Gran dilución a escala regional y patrón de uso amplio y dispersivo.										
	<b>Otras condiciones operativas dadas que repercuten en la exposición medioambiental</b>										
	Se debe informar a los trabajadores profesionales para evitar fugas accidentales. Los sistemas cerrados se utilizan en artículos (por ejemplo frigorífico) para evitar que se produzcan emisiones involuntarias.										
	<b>Condiciones y medidas técnicas a nivel de proceso (fuente) para impedir la emisión</b>										
	Artículos cerrados para usos de larga vida										
	<b>Condiciones y medidas técnicas in situ para reducir o limitar las emisiones a las aguas, a la atmósfera y al suelo</b>										
	No se necesita nada más específico además de las buenas prácticas habituales de los profesionales.										
	<b>Medidas organizativas para evitar o limitar las emisiones del emplazamiento</b>										
	Los trabajadores están formados para evitar fugas accidentales.										
	<b>Condiciones y medidas vinculadas a la planta depuradora municipal</b>										
	Las emisiones locales pequeñas y de bajo nivel pueden dirigirse a la planta municipal de tratamiento de aguas residuales (EDAR), donde su eliminación tiende a ser eficiente, debido a la naturaleza fácilmente biodegradable de las soluciones de amoníaco de baja concentración.										
	<b>Condiciones y medidas vinculadas al tratamiento externo de residuos para su eliminación</b>										
	Cualquier residuo (como botellas vacías o viejos frigoríficos y sistemas de refrigeración) deberá enviarse a un vertedero o a lugares especializados de eliminación de residuos.										
	<b>Condiciones y medidas vinculadas a la recuperación externa de residuos</b>										
	No se ha previsto ninguna reutilización externa de residuos de amoníaco.										

## Solución Amoniaca (20 - <25%)

2.2	<b>Escenario contributivo (2) que controla la exposición de los trabajadores correspondiente al uso diario en procesos cerrados sin probabilidad de exposición.</b>
Exposición de los trabajadores debida al uso diario en procesos cerrados sin probabilidad de exposición durante los procesos de uso profesional.	
La sección 2.2 describe la exposición potencial de los trabajadores durante el uso profesional del amoniaco como sustancia intermedia en sistemas cerrados. Existen equipos personales de protección (EPI) y parámetros de control implementados en el lugar de trabajo para reducir el riesgo de exposición de los trabajadores que realizan esta tarea.	
<b>Características del producto</b>	
El amoniaco anhidro es un gas incoloro a presión y temperatura ambiente, con una pureza normal de aproximadamente el 99,9%. Se ha indicado que la presión del vapor del amoniaco anhidro es de 8.611 hPa a 20 °C. El amoniaco anhidro es muy soluble en agua: 48.200-53.100 mg/l. El amoniaco anhidro se considera inflamable. El amoniaco acuoso formulado tiene una presión de vapor de 287 hPa y se considera fácilmente biodegradable.	
<b>Cantidades utilizadas</b>	
Se espera que se utilicen pequeñas cantidades cada año en establecimientos profesionales. No se esperan tonelajes significativos para uso profesional, puesto que se trata de usos amplios y dispersivos.	
<b>Frecuencia y duración del uso o exposición</b>	
Los trabajadores tienen turnos normales de 8 horas al día y trabajan 220 días al año. El potencial de exposición al amoniaco durante su uso profesional se considera generalmente que es de corta duración y limitado.	
<b>Factores humanos no influenciados por la gestión del riesgo</b>	
Volumen de la respiración durante el uso: 10 m <sup>3</sup> /d Área de contacto con la piel con la sustancia durante el uso: 480 cm <sup>2</sup> (valor por defecto que utiliza la herramienta de evaluación: ECETOC).	
<b>Otras condiciones operativas dadas que repercuten en la exposición de los trabajadores</b>	
Los trabajadores están plenamente formados en el uso seguro de la maquinaria relacionada con el uso industrial y sobre el uso apropiado del equipo personal de protección para evitar fugas accidentales o una exposición involuntaria. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.	
<b>Condiciones y medidas técnicas a nivel de proceso (fuente) para impedir la emisión</b>	
Los sistemas y las tuberías de distribución deben estar cerradas y selladas. En los procesos llevados a cabo en interiores o en los casos en que la ventilación natural no sea suficiente, se deberá colocar un sistema de ventilación con extracción localizada. Los procesos realizados en exteriores no suelen necesitar un sistema de ventilación con extracción, pero se debería instalar un sistema de cierre.	
<b>Condiciones y medidas técnicas para controlar la dispersión de la fuente con respecto a los trabajadores</b>	
Se debe tener un sistema de ventilación con extracción localizada durante las operaciones en interiores cuando la ventilación natural no es suficiente. Los reactores y las tuberías deben ser sistemas cerrados y sellados.	
<b>Medidas organizativas para impedir o limitar las liberaciones, la dispersión y la exposición</b>	
Los trabajadores están plenamente formados en el uso seguro de la maquinaria relacionada con el uso final profesional y sobre el uso apropiado del equipo personal de protección (EPI) para evitar fugas accidentales o una exposición involuntaria. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.	
<b>Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud</b>	
Los usos profesionales finales de las formas anhidro y acuosa del amoniaco son diversos y generalmente se deben llevar a cabo utilizando sistemas de contención específicos con poco o ningún potencial de exposición para el trabajador. Las instalaciones pueden estar situadas en el exterior y los trabajadores, en habitaciones de control separadas sin contacto directo con las unidades de procesamiento químico. El potencial de los profesionales para estar expuestos al amoniaco durante estos procesos es insignificante, puesto que, siempre que resulta posible, se encuentran en una habitación de control separada.	
Los trabajadores pueden estar potencialmente expuestos al amoniaco durante la realización de tareas en el campo (p. ej. al instalar válvulas, pulverizar maquinaria, bombas o tanques, o al mezclar). En las aberturas y puntos donde puedan darse emisiones se proporciona una ventilación de extracción. El amoniaco anhidro se almacena en contenedores y tanques especiales. Durante las tareas de mantenimiento, se asegura un buen estándar de ventilación general o controlada. Se debe utilizar ropa de protección (p. ej.: protección para la cara, los ojos, casco, guantes, botas y una bata o mono de protección) cuando surja alguna posibilidad de que se produzca contacto.	
Todos los dispositivos tecnológicos tienen un certificado de calidad propio y superan con regularidad controles y mantenimiento para evitar fugas descontroladas de amoniaco.	
Buenas prácticas en materia de higiene en el trabajo y medidas de control de la exposición están implementadas para minimizar la posible exposición a los trabajadores. Los trabajadores implicados en el uso final industrial del amoniaco están bien formados en estos procedimientos y en el uso del equipo de protección adecuado.	
2.3	<b>Escenario contributivo (3) que controla la exposición de los trabajadores correspondiente al uso diario del producto en procesos continuos cerrados con exposición ocasional (como la toma de muestras)</b>
Exposición de los trabajadores debido al uso diario del producto en procesos continuos cerrados con exposición ocasional (como la toma de muestras).	
La sección 2.3 describe la posible exposición de los trabajadores durante el uso profesional de mezclas de amoniaco por el trabajo en sistemas cerrados con posibilidad de exposición ocasional durante tareas como la toma de muestras, la limpieza y el mantenimiento. La exposición puede darse por trabajar con el equipo de uso profesional, así como con la maquinaria relacionada con el mismo y durante la toma de muestras y limpieza rutinarias y las tareas ocasionales de mantenimiento.	
Existen equipos personales de protección (EPI) y parámetros de control implementados en el lugar de trabajo para reducir el riesgo de exposición de los trabajadores que realizan estas tareas. Las soluciones elaboradas se almacenan y transportan como líquido presurizado por vía terrestre, marítima o ferrocarril en contenedores especializados y autorizados (como tanques y camiones cisterna con licencia para el transporte de amoniaco).	
<b>Características del producto</b>	
El amoniaco anhidro es un gas incoloro a presión y temperatura ambiente, con una pureza normal de aproximadamente el 99,9%. Se ha indicado que la presión del vapor del amoniaco anhidro es de 8.611 hPa a 20 °C. El amoniaco anhidro es muy soluble en agua: 48.200-53.100 mg/l. El amoniaco anhidro se considera inflamable. El amoniaco acuoso formulado tiene una presión de vapor de 287 hPa y se considera fácilmente biodegradable.	
<b>Cantidades utilizadas</b>	
Se espera que se utilicen pequeñas cantidades cada año en establecimientos profesionales. No se esperan tonelajes significativos para uso profesional, puesto que se trata de usos amplios y dispersivos.	
<b>Frecuencia y duración del uso o exposición</b>	
Los trabajadores tienen turnos normales de 8 horas al día y trabajan 220 días al año. El potencial de exposición al amoniaco durante su uso profesional se considera generalmente que es de corta duración y limitado.	
<b>Factores humanos no influenciados por la gestión del riesgo</b>	
Volumen de la respiración durante el uso: 10 m <sup>3</sup> /d Área de contacto con la piel con la sustancia durante el uso: 480 cm <sup>2</sup> (valor por defecto que utiliza la herramienta de evaluación: ECETOC).	
<b>Otras condiciones operativas dadas que repercuten en la exposición de los trabajadores</b>	
Los trabajadores están plenamente formados en el uso seguro de la maquinaria relacionada con el uso industrial y sobre el uso apropiado del equipo personal de protección para evitar fugas accidentales o una exposición involuntaria. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.	
<b>Condiciones y medidas técnicas a nivel de proceso (fuente) para impedir la emisión</b>	
Los sistemas y las tuberías de distribución deben estar cerrados y sellados. En los procesos llevados a cabo en interiores o en los casos en que la ventilación no sea suficiente, se deberá colocar un sistema de ventilación con extracción localizada. Los procesos realizados en exteriores no suelen necesitar un sistema de ventilación con extracción, pero se debería instalar un sistema de cierre.	
<b>Condiciones y medidas técnicas para controlar la dispersión de la fuente con respecto a los trabajadores</b>	
Se debe tener un sistema de ventilación con extracción localizada durante las operaciones en interiores cuando la ventilación natural no es suficiente. Los reactores y las tuberías deben ser sistemas cerrados y sellados.	
<b>Medidas organizativas para impedir o limitar las liberaciones, la dispersión y la exposición</b>	
Los trabajadores están plenamente formados en el uso seguro de la maquinaria relacionada con el uso final profesional y sobre el uso apropiado del equipo personal de protección (EPI) para evitar fugas accidentales o una exposición involuntaria. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.	
<b>Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud</b>	

## Solución Amoniaco (20 - <25%)

Los usos profesionales finales de las formas anhidro y acuosa del amoniaco son diversos y generalmente se deben llevar a cabo utilizando sistemas de contención específicos con poco o ningún potencial de exposición para el trabajador. Las instalaciones pueden estar situadas en el exterior y los trabajadores, en habitaciones de control separadas sin contacto directo con las unidades de procesamiento químico. El potencial de los profesionales para estar expuestos al amoniaco durante estos procesos es insignificante, puesto que, siempre que resulta posible, se encuentran en una habitación de control separada.

Los trabajadores pueden estar potencialmente expuestos al amoniaco durante la realización de tareas en el campo (p. ej. al instalar válvulas, pulverizar maquinaria, bombas o tanques, o al mezclar). En las aberturas y puntos donde puedan darse emisiones se proporciona una ventilación de extracción. El amoniaco anhidro se almacena en contenedores y tanques especiales. Durante las tareas de mantenimiento, se asegura un buen estándar de ventilación general o controlada. Se debe utilizar ropa de protección (p. ej.: protección para la cara, los ojos, casco, guantes, botas y una bata o mono de protección) cuando surja alguna posibilidad de que se produzca contacto.

Todos los dispositivos tecnológicos tienen un certificado de calidad propio y superan con regularidad controles y mantenimiento para evitar fugas descontroladas de amoniaco.

Buenas prácticas en materia de higiene en el trabajo y medidas de control de la exposición están implementadas para minimizar la posible exposición a los trabajadores. Los trabajadores implicados en el uso final industrial del amoniaco están bien formados en estos procedimientos y en el uso del equipo de protección adecuado.

### 2.4 Escenario contributivo (4) que controla la exposición de los trabajadores correspondiente al uso diario en procesos por lotes o de otro tipo (síntesis) con cierto riesgo de exposición (como la toma de muestras, la limpieza o el mantenimiento)

Exposición de los trabajadores debida al uso diario en procesos por lotes o de otro tipo (síntesis) con cierto riesgo de exposición (como la toma de muestras, la limpieza o el mantenimiento).

La sección 2.4 describe la posible exposición de los trabajadores durante el uso diario de maquinaria profesional y de distribución, tuberías y recipientes de almacenamiento. Pueden producirse exposiciones durante el uso diario, aunque es más probable que ocurran durante tareas relacionadas con los procesos por lotes o de otro tipo, como la limpieza y el mantenimiento rutinario.

Existen equipos personales de protección (EPI) y parámetros de control implementados en el lugar de trabajo para reducir el riesgo de exposición de los trabajadores que realizan esta tarea. Las soluciones de amoniaco se almacenan y transportan como líquido presurizado por vía terrestre, marítima o ferrocarril en contenedores especializados y autorizados (como tanques y camiones cisterna con licencia para el transporte de amoniaco).

Este escenario contributivo tiene en cuenta las exposiciones potenciales en los procesos por lotes y de otros tipo y, aunque existe cierto potencial de exposición, los sistemas generalmente están instalados para controlar las fugas o las emisiones de amoniaco involuntarias en las instalaciones industriales.

#### Características del producto

El amoniaco anhidro es un gas incoloro a presión y temperatura ambiente, con una pureza normal de aproximadamente el 99,9%. Se ha indicado que la presión del vapor del amoniaco anhidro es de 8.611 hPa a 20 °C. El amoniaco anhidro es muy soluble en agua: 48.200-53.100 mg/l. El amoniaco anhidro se considera inflamable. El amoniaco acuoso formulado tiene una presión de vapor de 287 hPa y se considera fácilmente biodegradable.

#### Cantidades utilizadas

Se espera que se utilicen pequeñas cantidades cada año en establecimientos profesionales. No se esperan tonelajes significativos para uso profesional, puesto que se trata de usos amplios y dispersivos.

#### Frecuencia y duración del uso o exposición

Los trabajadores tienen turnos normales de 8 horas al día y trabajan 220 días al año. El potencial de exposición al amoniaco durante su uso profesional se considera generalmente que es de corta duración y limitado.

#### Factores humanos no influenciados por la gestión del riesgo

Volumen de la respiración durante el uso: 10 m<sup>3</sup>/d

Área de contacto con la piel con la sustancia durante el uso: 480 cm<sup>2</sup> (valor por defecto que utiliza la herramienta de evaluación: ECETOC).

#### Otras condiciones operativas dadas que repercuten en la exposición de los trabajadores

Los trabajadores están plenamente formados en el uso seguro de la maquinaria relacionada con el uso industrial y sobre el uso apropiado del equipo personal de protección para evitar fugas accidentales o una exposición involuntaria. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

#### Condiciones y medidas técnicas a nivel de proceso (fuente) para impedir la emisión

Los sistemas y las tuberías de distribución deben estar cerrados y sellados. En los procesos llevados a cabo en interiores o en los casos en que la ventilación no sea suficiente, se deberá colocar un sistema de ventilación con extracción localizada. Los procesos realizados en exteriores no suelen necesitar un sistema de ventilación con extracción, pero se debería instalar un sistema de cierre.

#### Condiciones y medidas técnicas para controlar la dispersión de la fuente con respecto a los trabajadores

Se debe tener un sistema de ventilación con extracción localizada durante las operaciones en interiores cuando la ventilación natural no es suficiente. Los reactores y las tuberías deben ser sistemas cerrados y sellados.

#### Medidas organizativas para impedir o limitar las liberaciones, la dispersión y la exposición

Los trabajadores están plenamente formados en el uso seguro de la maquinaria relacionada con el uso final profesional y sobre el uso apropiado del equipo personal de protección (EPI) para evitar fugas accidentales o una exposición involuntaria. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

#### Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Los usos profesionales finales de las formas anhidro y acuosa del amoniaco son diversos y generalmente se deben llevar a cabo utilizando sistemas de contención específicos con poco o ningún potencial de exposición para el trabajador. Las instalaciones pueden estar situadas en el exterior y los trabajadores, en habitaciones de control separadas sin contacto directo con las unidades de procesamiento químico. El potencial de los profesionales para estar expuestos al amoniaco durante estos procesos es insignificante, puesto que, siempre que resulta posible, se encuentran en una habitación de control separada.

Los trabajadores pueden estar potencialmente expuestos al amoniaco durante la realización de tareas en el campo (p. ej. al instalar válvulas, pulverizar maquinaria, bombas o tanques, o al mezclar). En las aberturas y puntos donde puedan darse emisiones se proporciona una ventilación de extracción. El amoniaco anhidro se almacena en contenedores y tanques especiales. Durante las tareas de mantenimiento, se asegura un buen estándar de ventilación general o controlada. Se debe utilizar ropa de protección (p. ej.: protección para la cara, los ojos, casco, guantes, botas y una bata o mono de protección) cuando surja alguna posibilidad de que se produzca contacto.

Todos los dispositivos tecnológicos tienen un certificado de calidad propio y superan con regularidad controles y mantenimiento para evitar fugas descontroladas de amoniaco.

Buenas prácticas en materia de higiene en el trabajo y medidas de control de la exposición están implementadas para minimizar la posible exposición a los trabajadores. Los trabajadores implicados en el uso final industrial del amoniaco están bien formados en estos procedimientos y en el uso del equipo de protección adecuado.

### 2.5 Escenario contributivo (5) que controla la exposición de los trabajadores durante el mezclado

Exposición de los trabajadores debido a la labor de mezclas en los procesos por lotes durante el uso profesional

La sección 2.5 describe la exposición potencial de los trabajadores durante la mezcla de compuestos de amoniaco. La exposición potencial puede ocurrir durante el uso diario de la maquinaria y las tecnologías asociadas con el proceso de mezcla como parte del uso final industrial del amoniaco.

Existen equipos personales de protección (EPI) y parámetros de control implementados en el lugar de trabajo para reducir el riesgo de exposición de los trabajadores que realizan esta tarea. Las existencias de amoniaco se almacenan y transportan como líquido presurizado por vía terrestre, marítima o ferrocarril en contenedores especializados y autorizados (como tanques y camiones cisterna con licencia para el transporte de amoniaco).

#### Características del producto

El amoniaco anhidro es un gas incoloro a presión y temperatura ambiente, con una pureza normal de aproximadamente el 99,9%. Se ha indicado que la presión del vapor del amoniaco anhidro es de 8.611 hPa a 20 °C. El amoniaco anhidro es muy soluble en agua: 48.200-53.100 mg/l. El amoniaco anhidro se considera inflamable. El amoniaco acuoso formulado tiene una presión de vapor de 287 hPa y se considera fácilmente biodegradable.

#### Cantidades utilizadas

Se espera que se utilicen pequeñas cantidades cada año en establecimientos profesionales. No se esperan tonelajes significativos para uso profesional, puesto que se trata de usos amplios y dispersivos.

#### Frecuencia y duración del uso o exposición

Los trabajadores tienen turnos normales de 8 horas al día y trabajan 220 días al año. El potencial de exposición al amoniaco durante su uso profesional se considera generalmente que es de corta duración y limitado.

#### Factores humanos no influenciados por la gestión del riesgo

## Solución Amoniaco (20 - <25%)

Volumen de la respiración durante el uso: 10 m<sup>3</sup>/d

Área de contacto con la piel con la sustancia durante el uso: 480 cm<sup>2</sup> (valor por defecto que utiliza la herramienta de evaluación: ECETOC).

### Otras condiciones operativas dadas que repercuten en la exposición de los trabajadores

Los trabajadores están plenamente formados en el uso seguro de la maquinaria relacionada con el uso industrial y sobre el uso apropiado del equipo personal de protección para evitar fugas accidentales o una exposición involuntaria. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

### Condiciones y medidas técnicas a nivel de proceso (fuente) para impedir la emisión

Los sistemas y las tuberías de distribución deben estar cerrados y sellados. En los procesos llevados a cabo en interiores o en los casos en que la ventilación no sea suficiente, se deberá colocar un sistema de ventilación con extracción localizada. Los procesos realizados en exteriores no suelen necesitar un sistema de ventilación con extracción, pero se debería instalar un sistema de cierre.

### Condiciones y medidas técnicas para controlar la dispersión de la fuente con respecto a los trabajadores

Se debe tener un sistema de ventilación con extracción localizada durante las operaciones en interiores cuando la ventilación natural no es suficiente. Los reactores y las tuberías deben ser sistemas cerrados y sellados.

### Medidas organizativas para impedir o limitar las liberaciones, la dispersión y la exposición

Los trabajadores están plenamente formados en el uso seguro de la maquinaria relacionada con el uso final profesional y sobre el uso apropiado del equipo personal de protección (EPI) para evitar fugas accidentales o una exposición involuntaria. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

### Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Los usos profesionales finales de las formas anhidro y acuosa del amoniaco son diversos y generalmente se deben llevar a cabo utilizando sistemas de contención específicos con poco o ningún potencial de exposición para el trabajador. Las instalaciones pueden estar situadas en el exterior y los trabajadores, en habitaciones de control separadas sin contacto directo con las unidades de procesamiento químico. El potencial de los profesionales para estar expuestos al amoniaco durante estos procesos es insignificante, puesto que, siempre que resulta posible, se encuentran en una habitación de control separada.

Los trabajadores pueden estar potencialmente expuestos al amoniaco durante la realización de tareas en el campo (p. ej. al instalar válvulas, pulverizar maquinaria, bombas o tanques, o al mezclar). En las aberturas y puntos donde puedan darse emisiones se proporciona una ventilación de extracción. El amoniaco anhidro se almacena en contenedores y tanques especiales. Durante las tareas de mantenimiento, se asegura un buen estándar de ventilación general o controlada. Se debe utilizar ropa de protección

(p. ej.: protección para la cara, los ojos, casco, guantes, botas y una bata o mono de protección) cuando surja alguna posibilidad de que se produzca contacto.

Todos los dispositivos tecnológicos tienen un certificado de calidad propio y superan con regularidad controles y mantenimiento para evitar fugas descontroladas de amoniaco.

Buenas prácticas en materia de higiene en el trabajo y medidas de control de la exposición están implementadas para minimizar la posible exposición a los trabajadores. Los trabajadores implicados en el uso final industrial del amoniaco están bien formados en estos procedimientos y en el uso del equipo de protección adecuado.

## 2.6 Escenario contributivo (6) que controla la exposición de los trabajadores durante la transferencia de o hacia buques o grandes contenedores

Exposición de los trabajadores debida a la transferencia de amoniaco de o hacia buques o grandes contenedores

En el apartado 2.6 se describe la posible exposición de los trabajadores durante el llenado y carga entre contenedores o recipientes grandes a través de tuberías especializadas y no especializadas. Es más probable que se produzca la exposición durante tareas relacionadas con el llenado de los propios contenedores o recipientes.

Existen equipos personales de protección y parámetros de control implementados para reducir el riesgo de exposición de los trabajadores que realizan esta tarea.

### Características del producto

El amoniaco anhidro es un gas incoloro a presión y temperatura ambiente, con una pureza normal de aproximadamente el 99,9%. Se ha indicado que la presión del vapor del amoniaco anhidro es de 8.611 hPa a 20 °C. El amoniaco anhidro es muy soluble en agua: 48.200-53.100 mg/l. El amoniaco anhidro se considera inflamable. El amoniaco acuoso formulado tiene una presión de vapor de 287 hPa y se considera fácilmente biodegradable.

### Cantidades utilizadas

Se espera que se utilicen pequeñas cantidades cada año en establecimientos profesionales. No se esperan tonelajes significativos para uso profesional, puesto que se trata de usos amplios y dispersivos.

### Frecuencia y duración del uso o exposición

Los trabajadores tienen turnos normales de 8 horas al día y trabajan 220 días al año. El potencial de exposición al amoniaco durante su uso profesional se considera generalmente que es de corta duración y limitado.

### Factores humanos no influenciados por la gestión del riesgo

Volumen de la respiración durante el uso: 10 m<sup>3</sup>/d

Área de contacto con la piel con la sustancia durante el uso: 480 cm<sup>2</sup> (valor por defecto que utiliza la herramienta de evaluación: ECETOC).

### Otras condiciones operativas dadas que repercuten en la exposición de los trabajadores

Los trabajadores están plenamente formados en el uso seguro de la maquinaria relacionada con el uso industrial y sobre el uso apropiado del equipo personal de protección para evitar fugas accidentales o una exposición involuntaria. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

### Condiciones y medidas técnicas a nivel de proceso (fuente) para impedir la emisión

Los sistemas y las tuberías de distribución deben estar cerrados y sellados. En los procesos llevados a cabo en interiores o en los casos en que la ventilación no sea suficiente, se deberá colocar un sistema de ventilación con extracción localizada. Los procesos realizados en exteriores no suelen necesitar un sistema de ventilación con extracción, pero se debería instalar un sistema de cierre.

### Condiciones y medidas técnicas para controlar la dispersión de la fuente con respecto a los trabajadores

Se debe tener un sistema de ventilación con extracción localizada durante las operaciones en interiores cuando la ventilación natural no es suficiente. Los reactores y las tuberías deben ser sistemas cerrados y sellados.

### Medidas organizativas para impedir o limitar las liberaciones, la dispersión y la exposición

Los trabajadores están plenamente formados en el uso seguro de la maquinaria relacionada con el uso final profesional y sobre el uso apropiado del equipo personal de protección (EPI) para evitar fugas accidentales o una exposición involuntaria. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

### Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Los usos profesionales finales de las formas anhidro y acuosa del amoniaco son diversos y generalmente se deben llevar a cabo utilizando sistemas de contención específicos con poco o ningún potencial de exposición para el trabajador. Las instalaciones pueden estar situadas en el exterior y los trabajadores, en habitaciones de control separadas sin contacto directo con las unidades de procesamiento químico. El potencial de los profesionales para estar expuestos al amoniaco durante estos procesos es insignificante, puesto que, siempre que resulta posible, se encuentran en una habitación de control separada.

Los trabajadores pueden estar potencialmente expuestos al amoniaco durante la realización de tareas en el campo (p. ej. al instalar válvulas, pulverizar maquinaria, bombas o tanques, o al mezclar). En las aberturas y puntos donde puedan darse emisiones se proporciona una ventilación de extracción. El amoniaco anhidro se almacena en contenedores y tanques especiales. Durante las tareas de mantenimiento, se asegura un buen estándar de ventilación general o controlada. Se debe utilizar ropa de protección

(p. ej.: protección para la cara, los ojos, casco, guantes, botas y una bata o mono de protección) cuando surja alguna posibilidad de que se produzca contacto.

Todos los dispositivos tecnológicos tienen un certificado de calidad propio y superan con regularidad controles y mantenimiento para evitar fugas descontroladas de amoniaco.

Buenas prácticas en materia de higiene en el trabajo y medidas de control de la exposición están implementadas para minimizar la posible exposición a los trabajadores. Los trabajadores implicados en el uso final industrial del amoniaco están bien formados en estos procedimientos y en el uso del equipo de protección adecuado.

## 2.7 Escenario contributivo (7) que controla la exposición de los trabajadores durante la transferencia en pequeños contenedores

Exposición de los trabajadores debido a la transferencia en pequeños contenedores en líneas de llenado especializadas

La sección 2.7 describe la posible exposición de los trabajadores durante el llenado de pequeños contenedores en líneas de llenado especializadas.

Existen equipos personales de protección (EPI) y parámetros de control implementados en el lugar de trabajo para reducir el riesgo de exposición de los trabajadores que realizan esta tarea.

### Características del producto

El amoniaco anhidro es un gas incoloro a presión y temperatura ambiente, con una pureza normal de aproximadamente el 99,9%. Se ha indicado que la presión del vapor del amoniaco anhidro es de 8.611 hPa a 20 °C. El amoniaco anhidro es muy soluble en agua: 48.200-53.100 mg/l. El amoniaco anhidro se considera inflamable. El amoniaco acuoso formulado tiene una presión de vapor de 287 hPa y se considera fácilmente biodegradable.

### Cantidades utilizadas

## Solución Amoniaco (20 - <25%)

Se espera que se utilicen pequeñas cantidades cada año en establecimientos profesionales. No se esperan tonelajes significativos para uso profesional, puesto que se trata de usos amplios y dispersivos.

### Frecuencia y duración del uso o exposición

Los trabajadores tienen turnos normales de 8 horas al día y trabajan 220 días al año. El potencial de exposición al amoníaco durante su uso profesional se considera generalmente que es de corta duración y limitado.

### Factores humanos no influenciados por la gestión del riesgo

Volumen de la respiración durante el uso: 10 m<sup>3</sup>/d

Área de contacto con la piel con la sustancia durante el uso: 480 cm<sup>2</sup> (valor por defecto que utiliza la herramienta de evaluación: ECETOC).

### Otras condiciones operativas dadas que repercuten en la exposición de los trabajadores

Los trabajadores están plenamente formados en el uso seguro de la maquinaria relacionada con el uso industrial y sobre el uso apropiado del equipo personal de protección para evitar fugas accidentales o una exposición involuntaria. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

### Condiciones y medidas técnicas a nivel de proceso (fuente) para impedir la emisión

Los sistemas y las tuberías de distribución deben estar cerrados y sellados. En los procesos llevados a cabo en interiores o en los casos en que la ventilación no sea suficiente, se deberá colocar un sistema de ventilación con extracción localizada. Los procesos realizados en exteriores no suelen necesitar un sistema de ventilación con extracción, pero se debería instalar un sistema de cierre.

### Condiciones y medidas técnicas para controlar la dispersión de la fuente con respecto a los trabajadores

Se debe tener un sistema de ventilación con extracción localizada durante las operaciones en interiores cuando la ventilación natural no es suficiente. Los reactores y las tuberías deben ser sistemas cerrados y sellados.

### Medidas organizativas para impedir o limitar las liberaciones, la dispersión y la exposición

Los trabajadores están plenamente formados en el uso seguro de la maquinaria relacionada con el uso final profesional y sobre el uso apropiado del equipo personal de protección (EPI) para evitar fugas accidentales o una exposición involuntaria. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

### Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Los usos profesionales finales de las formas anhidro y acuosa del amoníaco son diversos y generalmente se deben llevar a cabo utilizando sistemas de contención específicos con poco o ningún potencial de exposición para el trabajador. Las instalaciones pueden estar situadas en el exterior y los trabajadores, en habitaciones de control separadas sin contacto directo con las unidades de procesamiento químico. El potencial de los profesionales para estar expuestos al amoníaco durante estos procesos es insignificante, puesto que, siempre que resulta posible, se encuentran en una habitación de control separada.

Los trabajadores pueden estar potencialmente expuestos al amoníaco durante la realización de tareas en el campo (p. ej. al instalar válvulas, pulverizar maquinaria, bombas o tanques, o al mezclar). En las aberturas y puntos donde puedan darse emisiones se proporciona una ventilación de extracción. El amoníaco anhidro se almacena en contenedores y tanques especiales. Durante las tareas de mantenimiento, se asegura un buen estándar de ventilación general o controlada. Se debe utilizar ropa de protección (p. ej.: protección para la cara, los ojos, casco, guantes, botas y una bata o mono de protección) cuando surja alguna posibilidad de que se produzca contacto.

Todos los dispositivos tecnológicos tienen un certificado de calidad propio y superan con regularidad controles y mantenimiento para evitar fugas descontroladas de amoníaco.

Buenas prácticas en materia de higiene en el trabajo y medidas de control de la exposición están implementadas para minimizar la posible exposición a los trabajadores. Los trabajadores implicados en el uso final industrial del amoníaco están bien formados en estos procedimientos y en el uso del equipo de protección adecuado.

### 2.8 Escenario contributivo (8) que controla la exposición de los trabajadores durante la aplicación de revestimientos mediante rodillo o brocha

La exposición de los trabajadores debido a la aplicación de los revestimientos con rodillo o cepillo

La sección 2.8 describe la exposición potencial de los trabajadores durante el uso final profesional del amoníaco en la aplicación con rodillo o brocha de amoníaco o de soluciones con amoníaco sobre las superficies de los revestimientos. Existen equipos personales de protección (EPI) y parámetros de control implementados en el lugar de trabajo para reducir el riesgo de exposición de los trabajadores que realizan esta tarea.

### Características del producto

El amoníaco anhidro es un gas incoloro a presión y temperatura ambiente, con una pureza normal de aproximadamente el 99,9%. Se ha indicado que la presión del vapor del amoníaco anhidro es de 8.611 hPa a 20 °C. El amoníaco anhidro es muy soluble en agua: 48.200-53.100 mg/l. El amoníaco anhidro se considera inflamable. El amoníaco acuoso formulado tiene una presión de vapor de 287 hPa y se considera fácilmente biodegradable.

### Cantidades utilizadas

Se espera que se utilicen pequeñas cantidades cada año en establecimientos profesionales. No se esperan tonelajes significativos para uso profesional, puesto que se trata de usos amplios y dispersivos.

### Frecuencia y duración del uso o exposición

Los trabajadores tienen turnos normales de 8 horas al día y trabajan 220 días al año. El potencial de exposición al amoníaco durante su uso profesional se considera generalmente que es de corta duración y limitado.

### Factores humanos no influenciados por la gestión del riesgo

Volumen de la respiración durante el uso: 10 m<sup>3</sup>/d

Área de contacto con la piel con la sustancia durante el uso: 480 cm<sup>2</sup> (valor por defecto que utiliza la herramienta de evaluación: ECETOC).

### Otras condiciones operativas dadas que repercuten en la exposición de los trabajadores

Los trabajadores están plenamente formados en el uso seguro de la maquinaria relacionada con el uso industrial y sobre el uso apropiado del equipo personal de protección para evitar fugas accidentales o una exposición involuntaria. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

### Condiciones y medidas técnicas a nivel de proceso (fuente) para impedir la emisión

Los sistemas y las tuberías de distribución deben estar cerrados y sellados. En los procesos llevados a cabo en interiores o en los casos en que la ventilación no sea suficiente, se deberá colocar un sistema de ventilación con extracción localizada. Los procesos realizados en exteriores no suelen necesitar un sistema de ventilación con extracción, pero se debería instalar un sistema de cierre.

### Condiciones y medidas técnicas para controlar la dispersión de la fuente con respecto a los trabajadores

Se debe tener un sistema de ventilación con extracción localizada durante las operaciones en interiores cuando la ventilación natural no es suficiente. Los reactores y las tuberías deben ser sistemas cerrados y sellados.

### Medidas organizativas para impedir o limitar las liberaciones, la dispersión y la exposición

Los trabajadores están plenamente formados en el uso seguro de la maquinaria relacionada con el uso final profesional y sobre el uso apropiado del equipo personal de protección (EPI) para evitar fugas accidentales o una exposición involuntaria. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

### Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Los usos profesionales finales de aplicación de amoníaco en revestimientos con rodillo o cepillo precisan de equipo especial y sistemas de contención de gran integridad que eviten las posibilidades de exposición de los trabajadores. Las instalaciones pueden estar situadas en el exterior y los trabajadores, en habitaciones de control separadas sin contacto directo con las unidades de procesamiento químico. El potencial de los profesionales para estar expuestos al amoníaco durante estos procesos es insignificante, puesto que, siempre que resulta posible, se encuentran en una habitación de control separada.

Los trabajadores pueden estar potencialmente expuestos al amoníaco durante la realización de tareas en el campo (p. ej. al instalar válvulas, pulverizar maquinaria, bombas o tanques, o al mezclar). En las aberturas y puntos donde puedan darse emisiones se proporciona una ventilación de extracción. El amoníaco anhidro se almacena en contenedores y tanques especiales. Durante las tareas de mantenimiento, se asegura un buen estándar de ventilación general o controlada. Se debe utilizar ropa de protección (p. ej.: protección para la cara, los ojos, casco, guantes, botas y una bata o mono de protección) cuando surja alguna posibilidad de que se produzca contacto.

Todos los dispositivos tecnológicos tienen un certificado de calidad propio y superan con regularidad controles y mantenimiento para evitar fugas descontroladas de amoníaco.

Buenas prácticas en materia de higiene en el trabajo y medidas de control de la exposición están implementadas para minimizar la posible exposición a los trabajadores. Los trabajadores implicados en el uso final industrial del amoníaco están bien formados en estos procedimientos y en el uso del equipo de protección adecuado.

### 2.9 Escenario contributivo (9) que controla la exposición de los trabajadores durante la pulverización profesional

Exposición de los trabajadores debido a las técnicas de pulverización profesional y de dispersión aérea.

La sección 2.9 describe la exposición potencial a los trabajadores durante el uso profesional final del amoníaco en la pulverización de amoníaco o de soluciones con amoníaco. Existen equipos personales de protección (EPI) y parámetros de control implementados en el lugar de trabajo para reducir el riesgo de exposición de los trabajadores que realizan esta tarea.

### Características del producto

## Solución Amoniaca (20 - <25%)

El amoniaco anhidro es un gas incoloro a presión y temperatura ambiente, con una pureza típica de aproximadamente el 99,9%. Se ha indicado que la presión del vapor del amoniaco anhidro es de 8.611 hPa a 20 °C. El amoniaco anhidro es muy soluble en agua: 48.200-53.100 mg/l. El amoniaco anhidro se considera inflamable. El amoniaco acuoso formulado tiene una presión de vapor de 287 hPa y se considera fácilmente biodegradable.

### Cantidades utilizadas

Se espera que se utilicen pequeñas cantidades cada año en establecimientos profesionales. No se esperan tonelajes significativos en el lugar de trabajo, puesto que se trata de usos amplios y dispersivos.

### Frecuencia y duración del uso o exposición

Los trabajadores tienen turnos normales de 8 horas al día y trabajan 220 días al año. El potencial de exposición al amoniaco durante su uso industrial se considera generalmente que es de corta duración y limitado.

### Factores humanos no influenciados por la gestión del riesgo

Volumen de la respiración durante el uso: 10 m<sup>3</sup>/d

Área de contacto con la piel con la sustancia durante el uso: 480 cm<sup>2</sup> (valor por defecto que utiliza la herramienta de evaluación: ECETOC).

### Otras condiciones operativas dadas que repercuten en la exposición de los trabajadores

Los trabajadores están plenamente formados para prevenir fugas accidentales. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

### Condiciones y medidas técnicas a nivel de proceso (fuente) para impedir la emisión

Los sistemas y las tuberías de distribución deben estar cerrados y sellados. En los procesos llevados a cabo en interiores o en los casos en que la ventilación no sea suficiente, se deberá colocar un sistema de ventilación con extracción localizada. Los procesos realizados en exteriores no suelen necesitar un sistema de ventilación con extracción, pero se debería instalar un sistema de cierre. Los trabajadores no deberían estar directamente expuestos a las soluciones durante la pulverización profesional.

### Condiciones y medidas técnicas para controlar la dispersión de la fuente con respecto a los trabajadores

Se debe tener un sistema de ventilación con extracción localizada durante las operaciones en interiores cuando la ventilación natural no es suficiente. Los reactores y las tuberías deben ser sistemas cerrados y sellados.

### Medidas organizativas para impedir o limitar las liberaciones, la dispersión y la exposición

Los trabajadores están plenamente formados en el uso seguro de la maquinaria relacionada con el uso profesional y sobre el uso apropiado del equipo personal de protección para evitar fugas accidentales o una exposición involuntaria. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

### Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Usos finales profesionales de amoniaco pulverizado mediante técnicas de dispersión aérea precisan de equipo especial y sistemas de contención de gran integridad.

Los trabajadores pueden estar potencialmente expuestos al amoniaco durante la realización de tareas en el campo (p. ej. al instalar válvulas, bombas o tanques, etc.). Se debe utilizar ropa de protección (p. ej.: protección para la cara, los ojos, casco, guantes, botas y una bata o mono de protección) cuando surja alguna posibilidad de que se produzca contacto.

Todos los dispositivos tecnológicos tienen un certificado de calidad propio y superan con regularidad controles y mantenimiento para evitar fugas descontroladas de amoniaco.

Se ponen en práctica buenas medidas higiénicas laborales y de control de exposición para minimizar la posible exposición de los trabajadores. Los trabajadores implicados en el uso industrial del amoniaco tienen una buena formación sobre los procedimientos necesarios y el uso del equipo de protección adecuado.

## 2.10 Escenario contributivo (10) que controla la exposición de los trabajadores correspondiente al tratamiento de artículos mediante inmersión y vertido

Exposición de los trabajadores debido al tratamiento de artículos mediante inmersión y vertido

La sección 2.10 describe la exposición potencial de los trabajadores en el uso profesional final del amoniaco durante el tratamiento de artículos por inmersión y vertido utilizando amoniaco o soluciones con amoniaco. Existen equipos personales de protección (EPI) y parámetros de control implementados en el lugar del trabajo para reducir el riesgo de exposición de los trabajadores que realizan esta tarea.

### Características del producto

El amoniaco anhidro es un gas incoloro a presión y temperatura ambiente, con una pureza normal de aproximadamente el 99,9%. Se ha indicado que la presión del vapor del amoniaco anhidro es de 8.611 hPa a 20 °C. El amoniaco anhidro es muy soluble en agua: 48.200-53.100 mg/l. El amoniaco anhidro se considera inflamable. El amoniaco acuoso formulado tiene una presión de vapor de 287 hPa y se considera fácilmente biodegradable.

### Cantidades utilizadas

Se espera que se utilicen pequeñas cantidades cada año en establecimientos profesionales. No se esperan tonelajes significativos para uso profesional, puesto que se trata de usos amplios y dispersivos.

### Frecuencia y duración del uso o exposición

Los trabajadores tienen turnos normales de 8 horas al día y trabajan 220 días al año. El potencial de exposición al amoniaco durante su uso profesional se considera generalmente que es de corta duración y limitado.

### Factores humanos no influenciados por la gestión del riesgo

Volumen de la respiración durante el uso: 10 m<sup>3</sup>/d

Área de contacto con la piel con la sustancia durante el uso: 480 cm<sup>2</sup> (valor por defecto que utiliza la herramienta de evaluación: ECETOC).

### Otras condiciones operativas dadas que repercuten en la exposición de los trabajadores

Los trabajadores están plenamente formados en el uso seguro de la maquinaria relacionada con el uso industrial y sobre el uso apropiado del equipo personal de protección para evitar fugas accidentales o una exposición involuntaria. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

### Condiciones y medidas técnicas a nivel de proceso (fuente) para impedir la emisión

Los sistemas y las tuberías de distribución deben estar cerrados y sellados. En los procesos llevados a cabo en interiores o en los casos en que la ventilación no sea suficiente, se deberá colocar un sistema de ventilación con extracción localizada. Los procesos realizados en exteriores no suelen necesitar un sistema de ventilación con extracción, pero se debería instalar un sistema de cierre. Los trabajadores no deben estar directamente expuestos a las soluciones de tratamiento de artículos.

### Condiciones y medidas técnicas para controlar la dispersión de la fuente con respecto a los trabajadores

Se debe tener un sistema de ventilación con extracción localizada durante las operaciones en interiores cuando la ventilación natural no es suficiente. Los reactores y las tuberías deben ser sistemas cerrados y sellados.

### Medidas organizativas para impedir o limitar las liberaciones, la dispersión y la exposición

Los trabajadores están plenamente formados en el uso seguro de la maquinaria relacionada con el uso final profesional y sobre el uso apropiado del equipo personal de protección (EPI) para evitar fugas accidentales o una exposición involuntaria. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

### Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Los usos profesionales finales del amoniaco durante el tratamiento de artículos por baño y vertido precisan de equipo especial y sistemas de contención de gran integridad que eviten las posibilidades de exposición de los trabajadores. Las instalaciones pueden estar situadas en el exterior y los trabajadores, en habitaciones de control separadas sin contacto directo con las unidades de procesamiento químico. El potencial de los profesionales para estar expuestos al amoniaco durante estos procesos es insignificante, puesto que, siempre que resulta posible, se encuentran en una habitación de control separada.

Los trabajadores pueden estar potencialmente expuestos al amoniaco durante la realización de tareas en el campo (p. ej. al instalar válvulas, pulverizar maquinaria, bombas o tanques, o al mezclar). En las aberturas y puntos donde puedan darse emisiones se proporciona una ventilación de extracción. El amoniaco anhidro se almacena en contenedores y tanques especiales. Durante las tareas de mantenimiento, se asegura un buen estándar de ventilación general o controlada. Se debe utilizar ropa de protección (p. ej.: protección para la cara, los ojos, casco, guantes, botas y una bata o mono de protección) cuando surja alguna posibilidad de que se produzca contacto.

Todos los dispositivos tecnológicos tienen un certificado de calidad propio y superan con regularidad controles y mantenimiento para evitar fugas descontroladas de amoniaco.

Buenas prácticas en materia de higiene en el trabajo y medidas de control de la exposición están implementadas para minimizar la posible exposición a los trabajadores. Los trabajadores implicados en el uso final industrial del amoniaco están bien formados en estos procedimientos y en el uso del equipo de protección adecuado.

## 2.11 Escenario contributivo (11) que controla la exposición de los trabajadores en el laboratorio

Exposición de los trabajadores debida a la utilización de amoniaco en los laboratorios (a pequeña escala, no industriales).



## Solución Amoniaca (20 - <25%)

La sección 2.11 describe la posible exposición de los trabajadores durante el uso del amoníaco en el laboratorio, especialmente durante el llenado de pequeños matraces y recipientes usando líneas de llenado no especializadas o métodos de transferencia a pequeña escala.

Para los laboratorios especializados a pequeña escala, existen equipos personales de protección (EPI) y parámetros de control implementados en el lugar de trabajo para reducir el riesgo de exposición de los trabajadores que realizan esta tarea.

### Características del producto

El amoníaco anhidro es un gas incoloro a presión y temperatura ambiente, con una pureza normal de aproximadamente el 99,9%. La presión del vapor de amoníaco anhidro es 8611 hPa a 20 °C. El amoníaco anhidro es muy soluble en agua: los valores comprobados de solubilidad en agua están entre 48200-53100 mg/l. El amoníaco anhidro se considera inflamable.

Durante el uso en el laboratorio, lo más probable es encontrar soluciones de amoníaco acuoso con concentraciones del 5- <25%. El amoníaco acuoso formulado tiene una presión de vapor de 287 hPa y se considera fácilmente biodegradable. Este amoníaco acuoso es lo que más puede provocar la posible exposición en este escenario.

### Cantidades utilizadas

Las cantidades utilizadas en emplazamientos profesionales suelen ser pequeñas, menos de 1 litro o 1 kg en cada sitio. De acuerdo con el documento de orientación de la Agencia par evaluación de riesgos, el número por defecto de días de emisión al año para este intervalo de tonelaje considerado es de 330, aunque la emisión real de amoníaco suele ser menor en la práctica.

### Frecuencia y duración del uso o exposición

Los trabajadores tienen turnos normales de 8 horas al día y trabajan 220 días al año. El potencial de exposición al amoníaco durante su uso industrial se considera generalmente que es de corta duración y limitado.

### Factores humanos no influenciados por la gestión del riesgo

Volumen de la respiración durante el uso: 10 m<sup>3</sup>/d

Área de contacto con la piel con la sustancia durante el uso: 480 cm<sup>2</sup> (valor por defecto que utiliza la herramienta de evaluación: ECETOC).

### Otras condiciones operativas dadas que repercuten en la exposición de los trabajadores

Durante el uso en el laboratorio del amoníaco en interiores, puede haber ventilación de extracción instalada. También se utiliza equipo personal de protección para minimizar la posibilidad de exposición dérmica durante el proceso de trasvase. El equipo de protección respiratoria se facilita cuando sea necesario.

### Condiciones y medidas técnicas a nivel de proceso (fuente) para impedir la emisión

Durante el uso en el laboratorio, puede haber o no sistema de ventilación con extracción localizada (consulte el apartado 3 para ver los niveles oportunos de exposición para estos casos).

Todos los dispositivos tecnológicos tienen un certificado de calidad adecuado y deben superar con regularidad controles y mantenimiento para evitar fugas descontroladas de amoníaco.

### Condiciones y medidas técnicas para controlar la dispersión de la fuente con respecto a los trabajadores

Se debe tener un sistema de ventilación con extracción localizada durante las operaciones en interiores cuando la ventilación natural no es suficiente o en zonas cerradas.

### Medidas organizativas para impedir o limitar las liberaciones, la dispersión y la exposición

Los trabajadores de laboratorio deben estar plenamente formados en el uso seguro de compuestos químicos en general y en el uso del equipo personal de protección adecuado para prevenir fugas accidentales o exposición.

### Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Los trabajadores pueden resultar expuestos al amoníaco durante el uso en el laboratorio cuando llenen recipientes o durante los trasvases. En las aberturas y puntos donde puedan darse emisiones se proporciona un sistema de ventilación con extracción.

Se ponen en práctica buenas medidas higiénicas laborales y de control de exposición para minimizar la posible exposición de los trabajadores. Los trabajadores están bien formados en estos procedimientos y en el uso del equipo de protección adecuado.

Cuando la ventilación natural no sea la apropiada, se proporciona una ventilación mecánica (general) o una ventilación con extracción localizada. Se debe utilizar ropa de protección (p. ej.: protección para la cara, los ojos y las orejas, casco, guantes, botas y una bata o mono de protección) cuando surja alguna posibilidad de que se produzca contacto.

La ropa de nivel A (traje de aislamiento completo con aparato de respiración incorporado) se utiliza para tratar vertidos grandes de líquido o nubes de vapor. La ropa impermeable y los guantes de goma se utilizan para vertidos pequeños de líquido y operaciones de carga y descarga normales. Las instalaciones para las duchas/lavado de ojos de seguridad se encuentran en zonas donde se almacena o se trabaja con amoníaco. En caso de que se produzca una fuga accidental de amoníaco, se deberá llevar máscara buco-facial con filtro.

### 2.12 Escenario contributivo (12) que controla la exposición de los trabajadores correspondiente al mezclado manual con contacto estrecho y utilización únicamente de equipos de protección personal (EPI)

La exposición de los trabajadores debido al mezclado manual con contacto estrecho y utilización únicamente de equipos de protección personal (EPI)

La sección 2.12 describe la exposición potencial de los trabajadores durante el uso profesional del amoníaco en la mezcla manual de las formulaciones (con contacto estrecho y utilizando solo EPI) usando amoníaco o soluciones de amoníaco. Existen equipos personales de protección (EPI) y parámetros de control implementados en el lugar de trabajo para reducir el riesgo de exposición de los trabajadores que realizan esta tarea.

### Características del producto

El amoníaco anhidro es un gas incoloro a presión y temperatura ambiente, con una pureza normal de aproximadamente el 99,9%. Se ha indicado que la presión del vapor del amoníaco anhidro es de 8.611 hPa a 20 °C. El amoníaco anhidro es muy soluble en agua: 48.200-53.100 mg/l. El amoníaco anhidro se considera inflamable. El amoníaco acuoso formulado tiene una presión de vapor de 287 hPa y se considera fácilmente biodegradable.

### Cantidades utilizadas

Se espera que se utilicen pequeñas cantidades cada año en establecimientos profesionales. No se esperan tonelajes significativos para uso profesional, puesto que se trata de usos amplios y dispersivos.

### Frecuencia y duración del uso o exposición

Los trabajadores tienen turnos normales de 8 horas al día y trabajan 220 días al año. El potencial de exposición al amoníaco durante su uso profesional se considera generalmente que es de corta duración y limitado.

### Factores humanos no influenciados por la gestión del riesgo

Volumen de la respiración durante el uso: 10 m<sup>3</sup>/d

Área de contacto con la piel con la sustancia durante el uso: 480 cm<sup>2</sup> (valor por defecto que utiliza la herramienta de evaluación: ECETOC).

### Otras condiciones operativas dadas que repercuten en la exposición de los trabajadores

Los trabajadores están plenamente formados en el uso seguro de la maquinaria relacionada con el uso industrial y sobre el uso apropiado del equipo personal de protección para evitar fugas accidentales o una exposición involuntaria. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

### Condiciones y medidas técnicas a nivel de proceso (fuente) para impedir la emisión

Los trabajadores no deben estar directamente expuestos a las soluciones sin equipo de protección (EPI) en el lugar de trabajo. Generalmente no se requiere un sistema de ventilación con extracción.

### Condiciones y medidas técnicas para controlar la dispersión de la fuente con respecto a los trabajadores

No se requieren medidas específicas aparte de la buena práctica industrial

### Medidas organizativas para impedir o limitar las liberaciones, la dispersión y la exposición

Los trabajadores están plenamente formados en el uso seguro de maquinaria de mezclado y en el uso apropiado del equipo personal de protección (EPI) para evitar fugas accidentales o una exposición involuntaria. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

### Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

La mezcla manual del amoníaco a nivel profesional se llevará a cabo generalmente en el interior utilizando métodos de bajo consumo y en recipientes que reducen el potencial de fugas involuntarias. El potencial de los trabajadores industriales a estar expuestos al amoníaco durante estos procesos es, por tanto, despreciable, puesto que se emplean equipos de protección y métodos de baja emisión.

Todos los dispositivos tecnológicos tienen un certificado de calidad propio y superan con regularidad controles y mantenimiento para evitar fugas descontroladas de amoníaco.

Se ponen en práctica buenas medidas higiénicas laborales y de control de exposición para minimizar la posible exposición de los trabajadores. Los trabajadores implicados en la mezcla manual de amoníaco o de soluciones de amoníaco tienen una buena formación sobre los procedimientos necesarios y el uso del equipo de protección adecuado.

### 2.13 Escenario contributivo (13) que controla la exposición de los trabajadores para su uso en fluidos portadores de calor y presión en sistemas dispersivos de uso profesional, pero cerrados.

Exposición de los trabajadores debido a su uso en fluidos portadores de calor y presión en sistemas dispersivos de uso profesional, pero cerrados.

La sección 2.2 describe la exposición potencial de los trabajadores durante el uso final profesional del amoníaco en fluidos de transmisión de calor y presión de soluciones basadas en amoníaco en sistemas dispersivos, pero cerrados. Existen equipos personales de protección (EPI) y parámetros de control implementados en el lugar de trabajo para reducir el riesgo de exposición de los trabajadores que realizan esta tarea.

### Características del producto

## Solución Amoniaca (20 - <25%)

El amoniaco anhidro es un gas incoloro a presión y temperatura ambiente, con una pureza típica de aproximadamente el 99,9%. Se ha indicado que la presión del vapor del amoniaco anhidro es de 8.611 hPa a 20 °C. El amoniaco anhidro es muy soluble en agua: 48.200-53.100 mg/l. El amoniaco anhidro se considera inflamable. El amoniaco acuoso formulado tiene una presión de vapor de 287 hPa y se considera fácilmente biodegradable.

### Cantidades utilizadas

Se espera que se utilicen pequeñas cantidades cada año en establecimientos profesionales. No se esperan tonelajes significativos en el lugar de trabajo, puesto que se trata de usos amplios y dispersivos.

### Frecuencia y duración del uso o exposición

Los trabajadores tienen turnos normales de 8 horas al día y trabajan 220 días al año. El potencial de exposición al amoniaco durante su uso en fluidos de transmisión de calor y presión suele ser limitado y de corta duración.

### Factores humanos no influenciados por la gestión del riesgo

Volumen de la respiración durante el uso: 10 m<sup>3</sup>/d

Área de contacto con la piel con la sustancia durante el uso: 480 cm<sup>2</sup> (valor por defecto que utiliza la herramienta de evaluación: ECETOC).

### Otras condiciones operativas dadas que repercuten en la exposición de los trabajadores

Los trabajadores están plenamente formados para prevenir fugas accidentales. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

### Condiciones y medidas técnicas a nivel de proceso (fuente) para impedir la emisión

Los sistemas y las tuberías de distribución deben estar cerrados y sellados. En los procesos llevados a cabo en interiores o en los casos en que la ventilación no sea suficiente, se deberá colocar un sistema de ventilación con extracción localizada. Los procesos realizados en exteriores no suelen necesitar un sistema de ventilación con extracción, pero se debería instalar un sistema de cierre.

Los trabajadores no deben estar directamente expuestos a las soluciones de tratamiento.

### Condiciones y medidas técnicas para controlar la dispersión de la fuente con respecto a los trabajadores

Se debe tener un sistema de ventilación con extracción localizada durante las operaciones en interiores cuando la ventilación natural no es suficiente. Los reactores y las tuberías deben ser sistemas cerrados y sellados.

### Medidas organizativas para impedir o limitar las liberaciones, la dispersión y la exposición

Los trabajadores están plenamente formados en el uso seguro de la maquinaria relacionada con el uso profesional y sobre el uso apropiado del equipo personal de protección para evitar fugas accidentales o una exposición involuntaria. Programas de vigilancia médica controlan con frecuencia los efectos sobre la salud.

### Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal, la higiene y la evaluación de la salud

Los usos finales profesionales de los lubricantes de amoniaco para las aplicaciones de fluidos de transmisión de calor y presión requieren un equipo especial y sistemas especializados de gran integridad.

Los trabajadores pueden estar potencialmente expuestos al amoniaco durante la realización de tareas en el campo (p. ej. al instalar válvulas, bombas o tanques, etc.). Se debe utilizar ropa de protección (p. ej.: protección para la cara, los ojos, casco, guantes, botas y una bata o mono de protección) cuando surja alguna posibilidad de que se produzca contacto.

Todos los dispositivos tecnológicos tienen un certificado de calidad propio y superan con regularidad controles y mantenimiento para evitar fugas descontroladas de amoniaco.

Se ponen en práctica buenas medidas higiénicas laborales y de control de exposición para minimizar la posible exposición de los trabajadores. Los trabajadores implicados en el uso industrial del amoniaco tienen una buena formación sobre los procedimientos necesarios y el uso del equipo de protección adecuado.

### 3 Estimación de la exposición y referencia a su fuente

La evaluación de la exposición de los trabajadores al amoniaco anhidro y acuoso utilizado como sustancia intermedia en la síntesis química (ESS) se llevó a cabo para los procesos relevantes para este escenario e identificados por los códigos PROC en el punto 1 de este escenario y que se repiten a continuación: uso en procesos cerrados, exposición improbable (PROC 1), uso en procesos cerrados y continuos con exposición ocasional controlada (PROC 2), formulación en procesos por lotes cerrados (PROC 3), el uso en procesos por lotes o de otro tipo con cierto riesgo de exposición (PROC 4), el mantenimiento y la limpieza (PROC 8a), transferencia (PROC 8b), el trasvase de amoniaco a recipientes pequeños (PROC 9), las aplicaciones mediante rodillo o brocha (PROC 10), pulverización (PROC 11), el tratamiento de artículos por baño y vertido (PROC 13), el análisis de muestras (PROC 15) y el mezclado manual con contacto estrecho y utilización únicamente de equipos de protección personal (PROC 19) y fluidos portadores de calor y presión en sistemas dispersivos de uso profesional, pero cerrados (PROC 20).

Se llevó a cabo una estimación de la exposición para los trabajadores de nivel 1, empleando el modelo ECETOC TRA: herramienta ECETOC para la evaluación de riesgo orientada (Targeted Risk Assessment).

ECETOC TRA se utilizó para estimar la exposición dérmica (expresada como una dosis sistémica diaria en mg/kg de peso corporal) y las concentraciones de exposición por inhalación (expresadas como una concentración en el aire en mg/m<sup>3</sup>) asociadas con cada proceso definido por los códigos PROC.

Se evaluó la exposición a los trabajadores teniendo en cuenta las diferentes condiciones de trabajo que pueden estar asociadas con la formulación de soluciones de amoniaco acuoso y la distribución del amoniaco en forma anhidro y en solución y el impacto de las distintas medidas de control de la exposición. Las exposiciones se determinaron para tareas de 1 a 4 horas de duración o de más de 4 horas y asumiendo que los procesos se llevan a cabo tanto en exteriores, como interiores sin uso de sistemas locales con ventilación y extracción de gases (LEV) o en interiores con el uso de sistema de ventilación con extracción localizada (LEV). Para reflejar el uso de equipo de protección (EPI), las exposiciones dérmicas fueron determinadas asumiendo el uso sin guantes o con guantes que ofrecen un 90% de protección. Para reflejar el uso de equipo de protección respiratoria (RPE), las concentraciones de exposición por inhalación se determinaron asumiendo el uso sin equipo de protección respiratoria o con equipo de protección respiratoria que ofrece un 95% de protección.

El modelo ECETOC TRA utiliza un algoritmo sencillo para determinar la exposición dérmica que no tiene en cuenta las propiedades físico-químicas de una sustancia. Las mismas exposiciones dérmicas se estimaron, por tanto, para las formas anhidro y acuosa del amoniaco. Los parámetros utilizados en el modelo ECETOC TRA para evaluar la exposición por inhalación fueron: peso molecular (35 g.mol<sup>-1</sup> y 17 g.mol<sup>-1</sup> para las formas acuosas y anhidro, respectivamente), y presión del vapor (la presión del vapor de la forma anhidro del amoniaco es 8.6 x 10<sup>5</sup> Pa a 20 °C, mientras que la presión del vapor de una disolución del amoniaco acuoso del 5- <25% en peso varía entre 5 x 10<sup>3</sup> Pa y 4 x 10<sup>4</sup> Pa a 20 °C). Las exposiciones dérmicas sistémicas se han determinado para un trabajador con un peso corporal de 70 kg.

### Información para el escenario contributivo 1 (Exposición medioambiental):

La mayoría de amoniaco que se origina en el ambiente proviene de fuentes naturales, principalmente materia orgánica en descomposición.

Los usos profesionales dispersivos del amoniaco son diversos y extensos. La exposición resultante al medio ambiente no se espera que aumente de manera significativa a la ya existente.

No se ha realizado una evaluación ambiental.

### Se obtuvieron los siguientes valores para la exposición de los trabajadores empleando ECETOC TRA

#### Exposición dérmica estimada con el modelo ECETOC TRA

Descripción de la actividad	PROC	Supuestos de exposición		Concentración de exposición estimada mg/kg bw/d	
		Duración	Uso de la ventilación	Sin guantes usados	Guantes usados (90% reducción)
Uso en procesos cerrados, exposición improbable	PROC 1	1-4 hrs or >4 hrs	Exterior /Interior sin LEV	0.34	0.03
Utilización en procesos cerrados y continuos con exposición	PROC 2	1-4 hrs or >4 hrs	Exterior /Interior sin LEV	1.37	0.14

## Solución Amoniaca (20 - <25%)

	ocasional controlada		1-4 hrs or >4 hrs	Interior con LEV	0.14	0.01
	Uso en procesos por lotes cerrados (síntesis o formulación)	PROC 3	1-4 hrs or >4 hrs	Exterior / Interior sin LEV	0.34	0.03
			1-4 hrs or >4 hrs	Interior con LEV	0.03	<0.01
	Utilización en procesos por lotes y de otro tipo (síntesis) en los que se puede producir la exposición	PROC 4	1-4 hrs or >4 hrs	Exterior / Interior sin LEV	6.86	0.69
			1-4 hrs or >4 hrs	Interior con LEV	0.69	0.07
	Mezclado en procesos por lotes para la formulación de mezclas y	PROC 5	1-4 hrs or >4 hrs	Exterior / Interior sin LEV	13.71	1.37
			1-4 hrs or >4 hrs	Interior con LEV	0.07	0.01
	Transferencia de sustancias o preparados (carga/descarga) de o hacia buques o grandes contenedores en instalaciones no	PROC 8a	1-4 hrs or >4 hrs	Exterior / Interior sin LEV	13.71	1.37
			1-4 hrs or >4 hrs	Interior con LEV	0.14	0.01
	Transferencia de sustancias o preparados (carga/descarga) de o hacia buques o grandes contenedores en instalaciones	PROC 8b	1-4 hrs or >4 hrs	Exterior / Interior sin LEV	6.86	0.69
			1-4 hrs or >4 hrs	Interior con LEV	0.69	0.07
	Transferencia de sustancias o preparados en pequeños contenedores	PROC 9	1-4 hrs or >4 hrs	Exterior / Interior sin LEV	6.86	0.69
			1-4 hrs or >4 hrs	Interior con LEV	0.69	0.07
	Aplicación mediante rodillo o brocha	PROC 10	1-4 hrs or >4 hrs	Exterior / Interior sin LEV	27.43	0.14
			1-4 hrs or >4 hrs	Interior con LEV	1.37	10.71
	Pulverización no industrial	PROC 11	1-4 hrs or >4 hrs	Exterior / Interior sin LEV	107	10.71
			1-4 hrs or >4 hrs	Interior con LEV	2.14	0.21
	Tratamiento de artículos mediante inmersión y derrame	PROC 13	1-4 hrs or >4 hrs	Exterior / Interior sin LEV	13.71	1.37
			1-4 hrs or >4 hrs	Interior con LEV	0.69	0.07
	Uso como reactivo de laboratorio	PROC 15	1-4 hrs or >4 hrs	Exterior / Interior sin LEV	0.34	0.03
			1-4 hrs or >4 hrs	Interior con LEV	0.03	<0.01
	Mezclado manual con contacto estrecho y utilización únicamente de equipos de protección personal	PROC 19	1-4 hrs or >4 hrs	Interior con LEV	141.73	14.14
	Fluidos portadores de calor y presión en sistemas dispersivos de uso profesional.	PROC 20	1-4 hrs or >4 hrs	Exterior / Interior sin LEV	1.71	0.17
			1-4 hrs or >4 hrs	Interior con LEV	0.14	0.01

## Solución Amoniaca (20 - <25%)

protección pero cerrados	hrs	LEV	
-----------------------------	-----	-----	--

Exposición inhalatoria estimada con el modelo ECETOC TRA

Descripción de la actividad	PROC	Supuestos de exposición		Amoníaco anhidro		Soluciones amoniacales (5-25% w/w)	
				Concentración de exposición estimada mg/m <sup>3</sup>		Concentración de exposición estimada mg/m <sup>3</sup>	
		Duración	Uso de la ventilación	No RPE	RPE (95% reducción)	No RPE	RPE (95% reducción)
Uso en procesos cerrados, exposición improbable	PROC 1	1-4 hrs or >4 hrs	Exterior	0.00	NA	0.01	0.00
		1-4 hrs or >4 hrs	Interior sin LEV	0.01	NA	0.01	0.00
Utilización en procesos cerrados y continuos con exposición ocasional controlada	PROC 2	>4hrs	Exterior	24.79	1.24	30.63	1.53
		>4hrs	Interior sin LEV	35.42	1.77	43.75	2.19
		>4hrs	Interior con LEV	3.53	0.18	4.38	0.22
		1-4 hrs	Exterior	14.88	0.74	18.38	0.92
		1-4 hrs	Interior sin LEV	22.25	1.06	26.25	1.31
		1-4 hrs	Interior con LEV	2.13	0.11	2.63	0.13
Uso en procesos por lotes cerrados (síntesis o formulación)	PROC 3	>4hrs	Exterior	49.58	2.48	61.25	3.06
		>4hrs	Interior sin LEV	70.83	3.54	87.5	4.38
		>4hrs	Interior con LEV	7.08	0.35	8.75	0.44
		1-4 hrs	Exterior	29.75	1.49	36.75	1.84
		1-4 hrs	Interior sin LEV	42.5	2.13	52.50	2.63
		1-4 hrs	Interior con LEV	4.25	0.21	5.25	0.26
Utilización en procesos por lotes y de otro tipo (síntesis) en los que se puede producir la exposición	PROC 4	>4hrs	Exterior	49.58	2.48	61.25	3.06
		>4hrs	Interior sin LEV	70.83	3.54	87.5	4.38
		>4hrs	Interior con LEV	7.08	0.35	8.75	0.44
		1-4 hrs	Exterior	29.75	1.49	36.75	1.84
		1-4 hrs	Interior sin LEV	42.5	2.13	52.5	2.63
		1-4 hrs	Interior con LEV	4.25	0.21	5.25	0.26
Mezclado en procesos por lotes para la formulación de mezclas y artículos (fases múltiples y/o contacto significativo)	PROC 5	>4hrs	Exterior	123.96	6.20	153.13	7.66
		>4hrs	Interior sin LEV	177.08	8.85	218.75	10.94
		>4hrs	Interior con LEV	17.71	0.89	21.88	1.09
		1-4 hrs	Exterior	74.38	3.72	91.88	4.59
		1-4 hrs	Interior sin LEV	106.25	5.31	131.25	6.56
		1-4 hrs	Interior con LEV	10.63	0.53	13.13	0.66
		>4hrs	Exterior	123.96	6.20	153.13	7.66

### Solución Amoniaca (20 - <25%)

Transferencia de sustancias o preparados (carga/descarga) de o hacia buques o grandes contenedores en instalaciones no especializadas	PROC 8a	>4hrs	Interior sin LEV	177.08	8.85	218.75	10.94
		>4hrs	Interior con LEV	17.71	0.89	21.88	1.09
		1-4 hrs	Exterior	74.38	3.72	91.88	4.59
		1-4 hrs	Interior sin LEV	106.25	5.31	131.25	6.56
		1-4 hrs	Interior con LEV	10.63	0.53	13.13	0.66
Transferencia de sustancias o preparados (carga/descarga) de o hacia buques o grandes contenedores en instalaciones especializadas	PROC 8b	>4hrs	Exterior	74.38	3.72	91.88	4.59
		>4hrs	Interior sin LEV	106.25	5.31	131.25	6.56
		>4hrs	Interior con LEV	3.19	0.16	3.94	0.20
		1-4 hrs	Exterior	44.63	2.23	55.13	2.76
		1-4 hrs	Interior sin LEV	63.75	3.19	78.75	3.94
		1-4 hrs	Interior con LEV	1.91	0.1	2.36	0.12
Transferencia de sustancias o preparados en pequeños contenedores (líneas de llenado especializadas, incluido el pesaje)	PROC 9	>4hrs	Exterior	99.17	4.96	122.50	6.13
		>4hrs	Interior sin LEV	141.67	7.08	175.00	8.75
		>4hrs	Interior con LEV	14.17	0.71	17.50	0.88
		1-4 hrs	Exterior	59.50	2.98	73.50	3.68
		1-4 hrs	Interior sin LEV	85.00	4.25	105.00	5.25
		1-4 hrs	Interior con LEV	8.5	0.43	10.50	0.53
Aplicación mediante rodillo o brocha	PROC 10	>4hrs	Exterior	NA	NA	153.13	7.66
		>4hrs	Interior sin LEV	NA	NA	218.75	10.94
		>4hrs	Interior con LEV	NA	NA	21.88	1.09
		1-4 hrs	Exterior	NA	NA	91.88	4.59
		1-4 hrs	Interior sin LEV	NA	NA	131.25	6.56
		>4hrs	Exterior	NA	NA	13.13	0.66
Non-industrial spraying	PROC 11	>4hrs	Exterior	NA	NA	613.20	30.66
		>4hrs	Interior sin LEV	NA	NA	876.00	43.80
		>4hrs	Interior con LEV	NA	NA	175.20	8.76
		1-4 hrs	Exterior	NA	NA	367.92	18.40
		1-4 hrs	Interior sin LEV	NA	NA	525.60	26.28
		>4hrs	Exterior	NA	NA	105.12	5.26
Tratamiento de artículos mediante inmersión y	PROC 13	>4hrs	Exterior	123.96	6.20	153.13	7.66
		>4hrs	Interior sin LEV	177.08	8.85	218.75	10.94
		>4hrs	Interior con LEV	17.71	0.89	21.88	1.09

## Solución Amoniacal (20 - <25%)

Mediante inmersión y derrame	PROC 15	1-4 hrs	Exterior	74.38	3.72	91.88	4.59
		1-4 hrs	Interior sin LEV	106.25	5.31	131.25	6.56
		1-4 hrs	Interior con LEV	10.63	0.53	13.13	0.66
Uso como reactivo de laboratorio	PROC 15	>4hrs	Interior sin LEV	35.42	1.77	43.75	2.19
		>4hrs	Interior con LEV	3.54	0.18	4.38	0.22
		1-4 hrs	Interior sin LEV	21.25	1.06	26.25	1.31
		1-4 hrs	Interior con LEV	2.13	0.11	2.63	0.13
Mezclado manual con contacto estrecho y utilización únicamente de equipos de protección personal	PROC 19	<4 hrs	Exterior	NA	NA	153.13	7.66
		<4 hrs	Interior sin LEV	NA	NA	218.75	10.94
		1-4 hrs	Exterior	NA	NA	91.88	4.59
		1-4 hrs	Interior sin LEV	NA	NA	131.25	6.56
Fluidos portadores de calor y presión en sistemas dispersivos de uso profesional, pero cerrados	PROC 20	>4hrs	Exterior	24.79	1.24	30.63	1.53
		>4hrs	Interior sin LEV	35.42	1.77	43.75	2.19
		>4hrs	Interior con LEV	7.08	0.35	8.75	0.44
		1-4 hrs	Exterior	14.88	0.74	18.38	0.92
		1-4 hrs	Interior sin LEV	21.25	1.06	26.25	1.31
		1-4 hrs	Interior con LEV	4.25	0.21	5.25	0.26

Los siguientes valores RCR se obtuvieron utilizando ECETOC TRA y los DNEL pertinentes.

**Caracterización cuantitativa del riesgo de la exposición dérmica de los trabajadores profesionales al amoniaco anhidro o acuoso (en mezclas del 5- <25% en peso) (ES 5: uso profesional)**

Código PROC	Supuestos de exposición		ES 5- concentraciones de exposición (EC) mg/kg pc/d		Efectos sistémicos agudos/largo plazo	
	Duración	Uso de la ventilación	Sin guantes usados	Guantes usados (90% reducción)	Ratio de caracterización del riesgo	
					Sin guantes usados	Guantes usados (90% reducción)
PROC 1	1-4 hrs or >4 hrs	Exterior /Interior sin LEV	0.34	0.03	0.05	0.01
PROC 2	1-4 hrs or >4 hrs	Exterior /Interior sin LEV	1.37	0.14	0.20	0.02
		Interior con LEV	0.14	0.01	0.02	<0.01
PROC 3	1-4 hrs or >4 hrs	Exterior /Interior sin LEV	0.34	0.03	0.05	0.01
		Interior con LEV	0.03	<0.01	0.01	<0.01

### Solución Amoniaca (20 - <25%)

PROC 4	1-4 hrs or >4 hrs	Exterior /Interior sin LEV	6.86	0.69	1.01	0.10
		Interior con LEV	0.69	0.07	0.10	0.01
PROC 5	1-4 hrs or >4 hrs	Exterior /Interior sin LEV	13.71	1.37	2.02	0.20
		Interior con LEV	0.07	0.01	0.01	<0.01
PROC 8a	1-4 hrs or >4 hrs	Exterior / Interior sin LEV	13.71	1.37	2.02	0.20
		Interior con LEV	0.14	0.01	0.02	<0.01
PROC 8b	1-4 hrs or >4 hrs	Exterior / Interior sin LEV	6.86	0.69	1.01	0.10
		Interior con LEV	0.69	0.07	0.10	0.01
PROC 9	1-4 hrs or >4 hrs	Exterior / Interior sin LEV	6.86	0.69	1.01	0.10
		Interior con LEV	0.69	0.07	0.10	0.01
PROC 10	1-4 hrs or >4 hrs	Exterior / Interior sin LEV	27.43	2.74	4.03	0.40
		Interior con LEV	1.37	0.14	0.20	0.02
PROC 11	1-4 hrs or >4 hrs	Exterior / Interior sin LEV	107.14	10.71	15.76	1.58
		Interior con LEV	2.14	0.21	0.32	0.03
PROC 13	1-4 hrs or >4 hrs	Exterior / Interior sin LEV	13.71	1.37	2.02	0.20
		Interior con LEV	0.69	0.07	0.10	0.01
PROC 15	1-4 hrs or >4 hrs	Exterior / Interior sin LEV	0.34	0.03	0.05	0.01
		Interior con LEV	0.03	<0.01	0.01	<0.01
PROC 19	1-4 hrs or >4 hrs	Exterior / Interior sin LEV	141.73	14.14	20.80	2.08 *
PROC 20	1-4 hrs or >4 hrs	Exterior / Interior sin LEV	1.71	0.17	0.25	0.03
		Interior con LEV	0.14	0.01	0.02	<0.01

\* El ajuste para una absorción dérmica del 10% proporciona una exposición cutánea de 1,41 mg / kg pc / d suponiendo que se usan guantes que ofrecen un 90% de protección y RCR = 0,2

Caracterización del riesgo cuantitativa por inhalación de las concentraciones de amoniaco anhidro a las que los trabajadores profesionales se ven expuestos (ES 5 - uso profesional)

Código PROC	Supuestos de exposición		ES 5- exposure concentrations (EC) mg/m <sup>3</sup>		Efectos sistémicos DNEL = 47,6 mg/m <sup>3</sup>		Efectos agudos-locales DNEL = 36 mg/m <sup>3</sup>		Efectos largo plazo-locales DNEL = 14 mg/m <sup>3</sup>	
			RCR		RCR		RCR			
	Duración	Uso de la ventilación	No RPE	RPE -95% reducción	No RPE	RPE - 95% reducción	No RPE	RPE 95% reducción	No RPE	RPE -95% reducción

### Solución Amoniaca (20 - <25%)

PROC 1	1-4 hrs or >4 hrs	Exterior	0.00	NA	<0.01	NA	<0.01	NA	<0.01	NA
		Interior sin LEV	0.01	NA	<0.01	NA	<0.01	NA	<0.01	NA
PROC 2	>4hrs	Exterior	24.79	1.24	0.52	0.03	0.69	0.03	1.77	0.09
		Interior sin LEV	35.42	1.77	0.74	0.04	0.98	0.05	2.53	0.13
		Interior con LEV	3.54	0.18	0.07	0.00	0.10	<0.01	0.25	0.01
	1-4 hrs	Exterior	14.88	0.74	0.31	0.02	0.41	0.02	1.06	0.05
		Interior sin LEV	22.25	1.06	0.47	0.02	0.59	0.03	1.52	0.08
		Interior con LEV	2.13	0.11	0.04	0.00	0.06	<0.01	0.15	0.01
PROC 3	>4hrs	Exterior	49.58	2.48	1.04	0.05	1.38	0.07	3.54	0.18
		Interior sin LEV	70.83	3.54	1.49	0.07	1.97	0.10	5.06	0.25
		Interior con LEV	7.08	0.35	0.15	0.01	0.20	0.01	0.51	0.03
	1-4 hrs	Exterior	29.75	1.49	0.63	0.03	0.83	0.04	2.13	0.11
		Interior sin LEV	42.5	2.13	0.89	0.04	1.18	0.06	3.04	0.15
		Interior con LEV	4.25	0.21	0.09	0.00	0.12	0.01	0.30	0.02
PROC 4	>4hrs	Exterior	49.58	2.48	1.04	0.05	1.38	0.07	3.54	0.18
		Interior sin LEV	70.83	3.54	1.49	0.07	1.97	0.10	5.06	0.25
		Interior con LEV	7.08	0.35	0.15	0.01	0.20	0.01	0.51	0.03
	1-4 hrs	Exterior	29.75	1.49	0.63	0.03	0.83	0.04	2.13	0.11
		Interior sin LEV	42.5	2.13	0.89	0.04	1.18	0.06	3.04	0.15
		Interior con LEV	4.25	0.21	0.09	0.00	0.12	0.01	0.30	0.02
PROC 5	>4hrs	Exterior	123.96	6.20	2.60	0.13	3.44	0.17	8.85	0.44
		Interior sin LEV	177.08	8.85	3.72	0.19	4.92	0.25	12.65	0.63
		Interior con LEV	17.71	0.89	0.37	0.02	0.49	0.02	1.26	0.06
	1-4 hrs	Exterior	74.38	3.72	1.56	0.08	2.07	0.10	5.31	0.27
		Interior sin LEV	106.25	5.31	2.23	0.11	2.95	0.15	7.59	0.38
		Interior con LEV	10.63	0.53	0.22	0.01	0.30	0.01	0.76	0.04
PROC 8a	>4hrs	Exterior	123.96	6.20	2.60	0.13	3.44	0.17	8.85	0.44
		Interior sin LEV	177.08	8.85	3.72	0.19	4.92	0.25	12.65	0.63
		Interior con LEV	17.71	0.89	0.37	0.02	0.49	0.02	1.26	0.06
	1-4 hrs	Exterior	74.38	3.72	1.56	0.08	2.07	0.10	5.31	0.27
		Interior sin LEV	106.25	5.31	2.23	0.11	2.95	0.15	7.59	0.38
		Interior con LEV	10.63	0.53	0.22	0.01	0.30	0.01	0.76	0.04
PROC 8b	>4 hrs	Exterior	74.38	3.72	1.56	0.08	2.07	0.10	5.31	0.27
		Interior sin LEV	106.25	5.31	2.23	0.11	2.95	0.15	7.59	0.38
		Interior con LEV	3.19	0.16	0.07	0.00	0.09	<0.01	0.23	0.01
	1-4 hrs	Exterior	44.63	2.23	0.94	0.05	1.24	0.06	3.19	0.16
		Interior sin LEV	63.75	3.19	1.34	0.07	1.77	0.09	4.55	0.23
		Interior con LEV	1.91	0.10	0.04	0.00	0.05	<0.01	0.14	0.01
PROC 9	>4 hrs	Exterior	99.17	4.96	2.08	0.10	2.75	0.14	7.08	0.35
		Interior sin LEV	141.67	7.08	2.98	0.15	3.94	0.20	10.12	0.51
		Interior con LEV	14.17	0.71	0.30	0.01	0.39	0.02	1.01	0.05
	1-4 hrs	Exterior	59.50	2.98	1.25	0.06	1.65	0.08	4.25	0.21
		Interior sin LEV	85.00	4.25	1.79	0.09	2.36	0.12	6.07	0.30
		Interior con LEV	8.5	0.43	0.18	0.01	0.24	0.01	0.61	0.03
PROC 13	>4 hrs	Exterior	123.96	6.20	2.60	0.13	3.44	0.17	8.85	0.44
		Interior sin LEV	177.08	8.85	3.72	0.19	4.92	0.25	12.65	0.63
		Interior con LEV	17.71	0.89	0.37	0.02	0.49	0.02	1.26	0.06
	1-4 hrs	Exterior	74.38	3.72	1.56	0.08	2.07	0.10	5.31	0.27
		Interior sin LEV	106.25	5.31	2.23	0.11	2.95	0.15	7.59	0.38
		Interior con LEV	10.63	0.53	0.22	0.01	0.30	0.01	0.76	0.04
	<4 hrs	Interior sin LEV	35.42	1.77	0.74	0.04	0.98	0.05	2.53	0.13



## Solución Amoniacal (20 - <25%)

PROC 15	1-4 hrs	Interior con LEV	3.54	0.18	0.07	0.00	0.10	<0.01	0.25	0.01
		Interior sin LEV	21.25	1.06	0.45	0.02	0.59	0.03	1.52	0.08
		Interior con LEV	2.13	0.11	0.04	0.00	0.06	<0.01	0.15	0.01
PROC 20	>4 hrs	Exterior	24.79	1.24	0.52	0.03	0.69	0.03	1.77	0.09
		Interior sin LEV	35.42	1.77	0.74	0.04	0.98	0.05	2.53	0.13
		Interior con LEV	7.08	0.35	0.15	0.01	0.20	0.01	0.51	0.03
	1-4 hrs	Exterior	14.88	0.74	0.31	0.02	0.41	0.02	1.06	0.05
		Interior sin LEV	21.25	1.06	0.45	0.02	0.59	0.03	1.52	0.08
		Interior con LEV	4.25	0.21	0.09	0.00	0.12	0.01	0.30	0.02

**Caracterización del riesgo cuantitativa por inhalación a las concentraciones de amoníaco acuoso (en mezclas del 5-<25% en peso) a las que los trabajadores profesionales se ven expuestos (ES 5: uso profesional).**

Código PROC	Supuestos de exposición		ES 5- exposure concentrations (EC) mg/m <sup>3</sup>			Acute /long-term systemic DNEL = 47.6 mg/m3			Acute - local effects DNEL = 36 mg/m3			Efectos largo plazo-locales DNEL = 14 mg/m3		
			No RPE	reduc (95% ción) RPE	No RPE	reduc (95% ción) RPE	No RPE	reduc (95% ción) RPE	No RPE	reduc (95% ción) RPE	No RPE	reduc (95% ción) RPE		
													ión	ión
PROC 1	1-4 hrs or >4 hrs	Exterior	0.00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
		Interior sin LEV	0.01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
PROC 2	>4hrs	Exterior	30.63	1.53	0.64	0.03	0.85	0.04	2.19	0.11				
		Interior sin LEV	43.75	2.19	0.92	0.05	1.22	0.06	3.13	0.16				
		Interior con LEV	4.38	0.22	0.09	0.00	0.12	0.01	0.31	0.02				
	1-4 hrs	Exterior	18.38	0.92	0.39	0.02	0.51	0.03	1.31	0.07				
		Interior sin LEV	26.25	1.31	0.55	0.03	0.73	0.04	1.88	0.09				
		Interior con LEV	2.63	0.13	0.06	0.00	0.07	<0.01	0.19	0.01				
PROC 3	>4hrs	Exterior	61.25	3.06	1.29	0.06	1.70	0.09	4.38	0.22				
		Interior sin LEV	87.5	4.38	1.84	0.09	2.43	0.12	6.25	0.31				
		Interior con LEV	8.75	0.44	0.18	0.01	0.24	0.01	0.63	0.03				
	1-4 hrs	Exterior	36.75	1.84	0.77	0.04	1.02	0.05	2.63	0.13				
		Interior sin LEV	52.50	2.63	1.10	0.06	1.46	0.07	3.75	0.19				
		Interior con LEV	5.25	0.26	0.11	0.01	0.15	0.01	0.38	0.02				
PROC 4	>4hrs	Exterior	61.25	3.06	1.29	0.06	1.70	0.09	4.38	0.22				
		Interior sin LEV	87.5	4.38	1.84	0.09	2.43	0.12	6.25	0.31				
		Interior con LEV	8.75	0.44	0.18	0.01	0.24	0.01	0.63	0.03				
	1-4 hrs	Exterior	36.75	1.84	0.77	0.04	1.02	0.05	2.63	0.13				
		Interior sin LEV	52.5	2.63	1.10	0.06	1.46	0.07	3.75	0.19				
		Interior con LEV	5.25	0.26	0.11	0.01	0.15	0.01	0.38	0.02				
PROC 5	>4hrs	Exterior	153.13	7.66	3.22	0.16	4.25	0.21	10.94	0.55				
		Interior sin LEV	218.75	10.94	4.60	0.23	6.08	0.30	15.63	0.78				
		Interior con LEV	21.88	1.09	0.46	0.02	0.61	0.03	1.56	0.08				
	1-4 hrs	Exterior	91.88	4.59	1.93	0.10	2.55	0.13	6.56	0.33				
		Interior sin LEV	131.25	6.56	2.76	0.14	3.65	0.18	9.38	0.47				
		Interior con LEV	13.13	0.66	0.28	0.01	0.36	0.02	0.94	0.05				
PROC 8a	>4hrs	Exterior	153.13	7.66	3.22	0.16	4.25	0.21	10.94	0.55				
		Interior sin LEV	218.75	10.94	4.60	0.23	6.08	0.30	15.63	0.78				
		Interior con LEV	21.88	1.09	0.46	0.02	0.61	0.03	1.56	0.08				
	1-4 hrs	Exterior	91.88	4.59	1.93	0.10	2.55	0.13	6.56	0.33				
		Interior sin LEV	131.25	6.56	2.76	0.14	3.65	0.18	9.38	0.47				
		Interior con LEV	13.13	0.66	0.28	0.01	0.36	0.02	0.94	0.05				
PROC 8b	>4 hrs	Exterior	91.88	4.59	1.93	0.10	2.55	0.13	6.56	0.33				
		Interior sin LEV	131.25	6.56	2.76	0.14	3.65	0.18	9.38	0.47				
		Interior con LEV	3.94	0.20	0.08	0.00	0.11	0.01	0.28	0.01				

## Solución Amoniaca (20 - <25%)

PROC 8	1-4 hrs	Exterior	55.13	2.76	1.16	0.06	1.53	0.08	3.94	0.20
		Interior sin LEV	78.75	3.94	1.65	0.08	2.19	0.11	5.63	0.28
		Interior con LEV	2.36	0.12	0.05	0.00	0.07	<0.01	0.17	0.01
PROC 9	>4hrs	Exterior	122.50	6.13	2.57	0.13	3.40	0.17	8.75	0.44
		Interior sin LEV	175.00	8.75	3.68	0.18	4.86	0.24	12.50	0.63
		Interior con LEV	17.50	0.88	0.37	0.02	0.49	0.02	1.25	0.06
	1-4 hrs	Exterior	73.50	3.68	1.54	0.08	2.04	0.10	5.25	0.26
		Interior sin LEV	105.00	5.25	2.21	0.11	2.92	0.15	7.50	0.38
		Interior con LEV	10.50	0.53	0.22	0.01	0.29	0.01	0.75	0.04
PROC 10	>4hrs	Exterior	153.13	7.66	3.22	0.16	4.25	0.21	10.94	0.55
		Interior sin LEV	218.75	10.94	4.60	0.23	6.08	0.30	15.63	0.78
		Interior con LEV	21.88	1.09	0.46	0.02	0.61	0.03	1.56	0.08
	1-4 hrs	Exterior	91.88	4.59	1.93	0.10	2.55	0.13	6.56	0.33
		Interior sin LEV	131.25	6.56	2.76	0.14	3.65	0.18	9.38	0.47
		Interior con LEV	13.13	0.66	0.28	0.01	0.36	0.02	0.94	0.05
PROC 11	>4hrs	Exterior	613.20	30.66	12.88	0.64	17.03	0.85	43.80	2.19
		Interior sin LEV	876.00	43.80	18.40	0.92	24.33	1.22	62.57	3.13
		Interior con LEV	175.20	8.76	3.68	0.18	4.87	0.24	12.51	0.63
	1-4 hrs	Exterior	367.92	18.40	7.73	0.39	10.22	0.51	26.28	1.31
		Interior sin LEV	525.60	26.28	11.04	0.55	14.60	0.73	37.54	1.88
		Interior con LEV	105.12	5.26	2.21	0.11	2.92	0.15	7.51	0.38
PROC 13	>4hrs	Exterior	153.13	7.66	3.22	0.16	4.25	0.21	10.94	0.55
		Interior sin LEV	218.75	10.94	4.60	0.23	6.08	0.30	15.63	0.78
		Interior con LEV	21.88	1.09	0.46	0.02	0.61	0.03	1.56	0.08
	1-4 hrs	Exterior	91.88	4.59	1.93	0.10	2.55	0.13	6.56	0.33
		Interior sin LEV	131.25	6.56	2.76	0.14	3.65	0.18	9.38	0.47
		Interior con LEV	13.13	0.66	0.28	0.01	0.36	0.02	0.94	0.05
PROC 15	>4 hrs	Interior sin LEV	43.75	2.19	0.92	0.05	1.22	0.06	3.13	0.16
		Interior con LEV	4.38	0.22	0.09	0.00	0.12	0.01	0.31	0.02
	1-4 hrs	Interior sin LEV	26.25	1.31	0.55	0.03	0.73	0.04	1.88	0.09
		Interior con LEV	2.63	0.13	0.06	0.00	0.07	<0.01	0.19	0.01
PROC 19	>4 hrs	Exterior	153.13	7.66	3.22	0.16	4.25	0.21	10.94	0.55
		Interior sin LEV	218.75	10.94	4.60	0.23	6.08	0.30	15.63	0.78
	1-4 hrs	Exterior	91.88	4.59	1.93	0.10	2.55	0.13	6.56	0.33
		Interior sin LEV	131.25	6.56	2.76	0.14	3.65	0.18	9.38	0.47
PROC 20	>4hrs	Exterior	30.63	1.53	0.64	0.03	0.85	0.04	2.19	0.11
		Interior sin LEV	43.75	2.19	0.92	0.05	1.22	0.06	3.13	0.16
		Interior con LEV	8.75	0.44	0.18	0.01	0.24	0.01	0.63	0.03
	1-4 hrs	Exterior	18.38	0.92	0.39	0.02	0.51	0.03	1.31	0.07
		Interior sin LEV	26.25	1.31	0.55	0.03	0.73	0.04	1.88	0.09
		Interior con LEV	5.25	0.26	0.11	0.01	0.15	0.01	0.38	0.02

### 4 Orientación para usuarios intermedios para evaluar si trabajan dentro de los límites establecidos por el ES

Emissiones al medio ambiente:

• Debido a que no se presenta ninguna exposición medioambiental, no se necesitan requisitos específicos aparte de la buena práctica profesional estándar

Exposición de los trabajadores:

Con el fin de trabajar dentro de los límites del escenario de exposición (ES), se deben cumplir las siguientes condiciones:

- Cuando la ventilación natural no sea suficiente en las instalaciones interiores, se debe colocar un sistema de ventilación con extracción localizada (LEV).
- Cuando exista riesgo de exposición dérmica, se deberán utilizar guantes con una eficiencia mínima del 90% y equipos de protección respiratoria con una eficiencia del 95%.
- Se deberá llevar a cabo una vigilancia médica regular con el fin de determinar los niveles de exposición potenciales.

## Solución Amoniaca (20 - <25%)

- Se debería utilizar ropa de protección (p. ej.: protección para la cara, los ojos, casco, guantes, botas y una bata o mono de protección) cuando surja alguna posibilidad de que se produzca contacto.
- Todos los dispositivos tecnológicos deberían tener un certificado de calidad adecuado y superar con regularidad controles y mantenimiento para evitar fugas descontroladas de amoníaco.
- Los trabajadores deben contar con una formación completa.
- Se debe confirmar que cualquier medida de los niveles de exposición de los trabajadores es inferior al DNEL pertinente, como se indica en el apartado 3.

## Solución Amoniaca (20 - <25%)

### Anexos de la Ficha de Datos de Seguridad Escenario de Exposición 6

1	<b>Título del Escenario de Exposición</b>										
	<b>Uso amplio y dispersivo del amoniacó solución acuosa, por los consumidores</b>										
2	<b>Descripción de las actividades o procesos cubiertos por el escenario de exposición</b>										
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Sector de Uso (SU)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Categoría de Producto (PC)</td> <td>PC 9a: Revestimientos y pinturas, disolventes, decapantes PC16: Fluidos de transferencia de calor PC 35: Productos de lavado y limpieza (incluidos los productos que contienen disolventes) PC 39: Productos cosméticos y productos de cuidado personal</td> </tr> <tr> <td>Categoría del Proceso (PROOC)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Categoría del Artículo (AC)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Categoría de Emisión Ambiental (ERC)</td> <td>ERC 8b, 8e, 9a, 9b</td> </tr> </table> <p>Los consumidores se pueden ver expuestos a la solución acuosa de amoniacó (con contenido de amoniacó de 0 - &lt; 25%) cuando usan gran variedad de productos: productos comunes en las casas, incluyendo productos de bricolaje tales como: pinturas, disolventes, decapantes, productos de limpieza, etc. Aunque no hay información disponible para otros usos tales como: PC 16: Fluidos portadores de calor, PC 18: tintes y tóners, PC 20: aditivos tecnológicos utilizados en la industria química, PC 23: Productos para el curtido, el teñido, el acabado, la impregnación y el cuidado del cuero, PC 37: Productos químicos para el tratamiento del agua, PC O -otros: agentes refrigerantes. Las exposiciones derivadas de estos usos no se espera que sea peor que la consideradas por los productos representativos seleccionados en este escenario de exposición (ES6)</p>	Sector de Uso (SU)		Categoría de Producto (PC)	PC 9a: Revestimientos y pinturas, disolventes, decapantes PC16: Fluidos de transferencia de calor PC 35: Productos de lavado y limpieza (incluidos los productos que contienen disolventes) PC 39: Productos cosméticos y productos de cuidado personal	Categoría del Proceso (PROOC)		Categoría del Artículo (AC)		Categoría de Emisión Ambiental (ERC)	ERC 8b, 8e, 9a, 9b
Sector de Uso (SU)											
Categoría de Producto (PC)	PC 9a: Revestimientos y pinturas, disolventes, decapantes PC16: Fluidos de transferencia de calor PC 35: Productos de lavado y limpieza (incluidos los productos que contienen disolventes) PC 39: Productos cosméticos y productos de cuidado personal										
Categoría del Proceso (PROOC)											
Categoría del Artículo (AC)											
Categoría de Emisión Ambiental (ERC)	ERC 8b, 8e, 9a, 9b										
2.1	<b>Escenario contributivo (1) que controla la exposición medioambiental correspondiente al ES 6 (Escenario de Exposición 6)</b>										
	<p>Exposición medioambiental debida a los usos amplios y dispersivos del amoniacó, solución acuosa, por consumidores</p> <p>La sección 2.1 describe las emisiones medioambientales que se pueden producir durante los usos amplios y dispersivos por consumidores del amoniacó, solución acuosa. Estas emisiones podrían darse en forma de aguas residuales o emisiones a la atmósfera. Debido a la naturaleza amplia y dispersiva de estos usos, se espera que las emisiones de fuentes locales sean bajas y no se esperan concentraciones significativas en el medio ambiente.</p> <p>Las emisiones de bajo nivel pueden ser exteriores o interiores y pueden estar dirigidas a la atmósfera o a la planta municipal de tratamiento de aguas residuales (EDAR). En realidad, la eliminación del amoniacó en las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales es muy eficiente, puesto que las soluciones de amoniacó son fácilmente biodegradables.</p> <p>La mayor parte del amoniacó en el medio ambiente proviene de fuentes naturales, en especial de materia orgánica en descomposición. Los usos amplios y dispersivos del amoniacó, en solución acuosa por los consumidores son muy diversos y extendidos. No se espera que la exposición medioambiental resultante contribuya a elevar de manera significativa los niveles existentes de amoniacó en el medio ambiente. Por tanto, en el apartado 3 no se muestra una evaluación adicional de la exposición medioambiental para estos usos tan amplios y dispersivos.</p>										
	<b>Características del producto</b>										
	El amoniacó anhidro es un gas incoloro a presión y temperatura ambiente, con una pureza normal de aproximadamente el 99,9%. Se ha indicado que la presión del vapor del amoniacó anhidro es de 8.611 hPa a 20 °C. El amoniacó anhidro es muy soluble en agua: 48.200-53.100 mg/l. El amoniacó anhidro se considera inflamable. El amoniacó acuoso formulado tiene una presión de vapor de 287 hPa y se considera fácilmente biodegradable.										
	<b>Cantidades utilizadas</b>										
	En el uso por los consumidores se esperan observar pequeñas cantidades usadas a nivel local, con un uso muy difundido en toda la UE.										
	Los consumidores utilizan el amoniacó, solución acuosa (en concentraciones que van del 0 -< 25% de amoniacó en p/p) en una gran variedad de productos comunes en una casa, incluyendo productos de bricolaje, productos tales como revestimientos y pinturas, disolventes, decapantes, y de rellenos, masillas, yeso, arcilla de modelado, productos de lavado y limpieza , productos cosméticos y productos de cuidado personal y fertilizantes.										
	La composición típica de estos productos contiene un 0,2% de amoniacó solución acuosa (solución al 25% de amoniacó p/p). Estando por lo tanto en una concentración final en estos productos de: 0,05% p/p de amoniacó.										
	Los productos de limpieza contienen normalmente amoniacó solución acuosa del 5-10 % p/p de amoniacó y se suelen diluir en agua previamente a su uso.										
	Los productos cosméticos tales como los tintes de pelo contienen una concentración máxima de 4%/p de amoniacó.										
	<b>Frecuencia y duración del uso</b>										
	Uso variable de nivel bajo.										
	<b>Factores medioambientales no influenciados por la gestión del riesgo</b>										
	Gran dilución a escala regional y patrón de uso amplio y dispersivo.										
	<b>Otras condiciones operativas dadas que repercuten en la exposición medioambiental</b>										
	El uso del amoniacó, solución acuosa por los consumidores puede ser tanto en interiores, como en exteriores										
	<b>Condiciones y medidas vinculadas a la planta depuradora municipal</b>										
	Las emisiones locales pequeñas y de bajo nivel pueden dirigirse a la planta municipal de tratamiento de aguas residuales, donde su eliminación tiende a ser eficiente, debido a la naturaleza fácilmente biodegradable de las soluciones de amoniacó de baja concentración.										
	<b>Condiciones y medidas vinculadas al tratamiento externo de residuos para su eliminación</b>										
	Cualquier residuo (como botellas vacías o viejos frigoríficos y sistemas de refrigeración) deberá enviarse a un vertedero o a lugares especializados de eliminación de residuos.										
	<b>Condiciones y medidas vinculadas a la recuperación externa de residuos</b>										
	No se ha previsto ninguna reutilización externa de residuos de amoniacó.										
2.2	<b>Escenario contributivo (2) que controla la exposición a los consumidores correspondiente al uso de amplio y dispersivo del amoniacó, solución acuosa por los consumidores</b>										
	Uso amplio y dispersivo del amoniacó, solución acuosa por los consumidores										
	En el uso por los consumidores se esperan observar pequeñas cantidades usadas a nivel local, con un uso muy difundido en toda la UE.										
	Los consumidores utilizan el amoniacó, solución acuosa (en concentraciones que van del 0-< 25% de amoniacó en p/p) en una gran variedad de productos comunes en una casa, incluyendo productos de bricolaje, productos tales como revestimientos y pinturas, disolventes, decapantes, y de rellenos, masillas, yeso, arcilla de modelado, productos de lavado y limpieza , productos cosméticos y productos de cuidado personal y fertilizantes.										
	- La composición típica de estos productos contiene un 0,2% de amoniacó solución acuosa (solución al 25% de amoniacó p/p). Estando por lo tanto en una concentración final en estos productos de: 0,05% p/p de amoniacó.										
	- Los productos de limpieza contienen normalmente amoniacó solución acuosa del 5-10 % p/p de amoniacó y se suelen diluir en agua previamente a su uso.										
	- Los productos cosméticos tales como los tintes de pelo contienen una concentración máxima de 4%/p de amoniacó.										
	Las actividades típicas relacionadas con los usos de los consumidores del amoniacó solución acuosa producen como principales rutas de exposición: la dérmica y la inhalatoria. No se espera que los consumidores ingieran amoniacó durante el uso normal del producto.										
	<b>Características del producto</b>										
	El amoniacó anhidro es un gas incoloro a presión y temperatura ambiente, con una pureza normal de aproximadamente el 99,9%. Se ha indicado que la presión del vapor del amoniacó anhidro es de 8.611 hPa a 20 °C. El amoniacó anhidro es muy soluble en agua: 48.200-53.100 mg/l. El amoniacó anhidro se considera inflamable. El amoniacó acuoso formulado tiene una presión de vapor de 287 hPa y se considera fácilmente biodegradable.										
	<b>Cantidades utilizadas</b>										

## Solución Amoniaca (20 - <25%)

Los productos seleccionados para la evaluación de riesgos de este escenario y cubrir así toda la variedad de usos que existe están en la siguiente concentración y cantidad en los productos representativos:

- Solución amoniacal: 0 -<25 % de amoníaco. Se suele añadir en diversos productos hasta en un 0,2%. Estando por lo tanto el amoníaco en una concentración final en estos productos de: 0,05% p/p.
- Los productos de limpieza contienen normalmente amoníaco solución acuosa del 5-10 % p/p de amoníaco y se suelen diluir en agua previamente a su uso.
- Los productos cosméticos tales como los tintes de pelo contienen una concentración máxima de 4% p/p de amoníaco.

### Frecuencia y duración del uso o exposición

La duración de uso del producto por día tienden a variar en todas las aplicaciones.

### Factores humanos no influenciados por la gestión del riesgo

Las actividades típicas relacionadas con los usos de los consumidores del amoníaco solución acuosa producen como principales rutas de exposición: la dérmica y la inhalatoria. No se espera que los consumidores ingieran amoníaco durante el uso normal del producto

### Otras condiciones operativas dadas que repercuten en la exposición de los consumidores

No relevante

### Condiciones y medidas relacionadas con información y las recomendaciones conductuales a los consumidores

Se recomienda seguir las indicaciones de las etiquetas y de las instrucciones de uso seguro de los productos

### Condiciones y medidas relacionadas con la protección personal y la higiene

Se recomienda seguir las indicaciones de las etiquetas y las instrucciones de uso seguro de los productos: a veces es necesario llevar guantes puestos, por ejemplo para la aplicación de un tinte capilar.

### 3 Estimación de la exposición y referencia a su fuente

La evaluación de la exposición de los consumidores al amoníaco, solución acuosa (ES6) se llevó a cabo para las categorías de producto que se escogieron como relevantes para este escenario e identificados por los códigos PC en el punto de este escenario y que se repiten a continuación: Revestimientos y pinturas, disolventes, decapantes (PC 9a), Rellenos, masillas, yeso, arcilla de modelado (PC 9b), Productos de lavado y limpieza (incluidos los productos que contienen disolventes) (PC 35), Productos cosméticos y productos de cuidado personal (PC 39), Fertilizantes (PC12)

Se llevó a cabo una estimación de la exposición para los consumidores de nivel 1, empleando la herramienta ConsExpo versión 4.1: incluye una base de datos con valores por defecto para gran número de productos y usos. Cuando se selecciona un producto, la base de datos ofrece escenarios y valores de parámetros por defecto para los modelos. En el caso del uso fertilizante se usó la herramienta ECETOC TRA.

Se evaluó la exposición a los consumidores tanto para la vía dérmica como para la inhalatoria. Considerando los 2 modelos dérmicos de la herramienta ConsExpo 4.1: aplicación instantánea y el modelo de migración. Mientras que para la vía inhalatoria exposición de vapor o a los aerosoles.

El peor caso considerado fue: el uso de un producto de bricolaje una vez al mes. Los productos de limpieza, se consideraron todas las aplicaciones posibles en los escenarios de ConsExpo para una solución amoniacal al 10%, que se diluye 1:80 veces con agua dando finalmente una concentración de 0.125 % p/p de amoníaco y un uso diario del producto de limpieza. Por último en el caso de productos cosméticos como el tinte del pelo un uso de una vez al mes.

Se asumió que la absorción dérmica del producto es 100% y que los consumidores no siempre leen las etiquetas y siguen las recomendaciones de uso, por lo tanto las estimaciones se hicieron considerando que no se lleva guantes, ni cualquier otro tipo de protección para consumidores. Sin embargo considerando que la sustancia es corrosiva, en el caso de los tintes de pelo y los fertilizantes se consideró también conveniente añadir la cuantificación resultante con una absorción dérmica más real, del 10%.

### Se obtuvieron los siguientes valores para la exposición (dérmica e inhalatoria) de los consumidores empleando ConsExpo 4.1 y ECETOC TRA

Escenario	Amoniaco  % p/p	Frecuencia de uso	Acute systemic dermal exposure (Dosis / evento) mg/kg p/d <sup>a</sup> y Exposición dérmica sistémica aguda (dosis / evento) mg /kg p/d <sup>a</sup> / día	Exposición dérmica sistémica crónica (dosis promediada durante 1 año) mg / kg p/ día	Concentración de exposición a la inhalación aguda (1 evento) mg / m <sup>3</sup>	Concentración crónica de exposición por inhalación (promedio anual) mg / m <sup>3</sup>
<b>PC9a Revestimientos, pinturas, diluyentes, eliminadores (amoníaco al 0,05% p / p)</b>						
Aplicación de pintura a base de agua con brocha y rodillo	0.05	1 evento /mes	0.03	8.2x 10 <sup>-5</sup>	7	0.0018
Rociar pintura de una lata (aplicación)	0.05	1 evento /mes	0.013	6.8x 10 <sup>-5</sup>	0.67	5.1x10 <sup>-5</sup>
Aplicar recubrimientos generales	0.05	1 evento /mes	0.0021	1.9x10 <sup>-6</sup>	6.7	2.4x10 <sup>-4</sup>
Aplicando removedor de pintura	0.05	1 evento /mes	0.0042	1.1x10 <sup>-5</sup>	3.2	3.6x10 <sup>-4</sup>
<b>PC35 Productos de lavado y limpieza (0.125% p/p de amoníaco)</b>						
Aplicación de limpiadores / detergentes líquidos de uso múltiple	0.125	104 veces/ año	0.41	0.12	3.3	0.16
<b>PC39 Cosméticos, productos de cuidado personal (4% p / p de amoníaco)</b>						
Aplicar tinte para el cabello	4	1 evento / mes	67	2.203	NA	NA

## Solución Amoniaca (20 - <25%)

Los siguientes valores RCR se obtuvieron utilizando ConsExpo, ECETOC TRA y los DNEL pertinentes.

**Caracterización cuantitativa del riesgo de la exposición dérmica** de los consumidores al amoníaco, solución acuosa (en mezclas del 0 - <25%) (ES 6: uso por consumidores)

Escenario	Frecuencia de uso	Efectos dérmicos sistémicos agudos				Efectos dérmicos sistémicos crónicos			
		DNEL = 6.8 mg/kg pc/d**		DNEL = 68 mg/kg bw/*		DNEL = 6.8 mg/kg bw/*		DNEL = 68 mg/kg bw/*	
		Dosis/evento mg/kg pc/d**ay	RCR	Dosis/evento mg/kg pc/d**ay	RCR	Dosis media a lo largo de un año mg/kg bw	RCR	Dosis media a lo largo de un año mg/kg bw	RCR
<b>PC9a Revestimientos, pinturas, diluyentes, eliminadores (amoníaco al 0,05% p / p)</b>									
Aplicación de pintura a base de agua con brocha y rodillor	1 evento/ mes	0.03	4.4x10 <sup>-3</sup>	-	-	8.2x 10 <sup>-5</sup>	1.2x10 <sup>-5</sup>	-	-
Rociar pintura de una lata (aplicación)	1 evento/ mes	0.013	1.9x10 <sup>-3</sup>	-	-	6.8x 10 <sup>-5</sup>	1.0x10 <sup>-5</sup>	-	-
Aplicar recubrimientos generales	1 evento/ mes	0.0021	3.1x10 <sup>-3</sup>	-	-	1.9x10 <sup>-6</sup>	1.8x10 <sup>-7</sup>	-	-
Aplicar removedor de pintura	1 evento/ mes	0.0042	6.2x10 <sup>-3</sup>	-	-	1.1x10 <sup>-5</sup>	1.6x10 <sup>-6</sup>	-	-
<b>PC35 Productos de lavado y limpieza (0.125% p/p de amoníaco)</b>									
Aplicación de limpiadores / detergentes líquidos de uso múltiple	104 veces/año	0.41	0.06	-	-	0.12	0.02	-	-
<b>PC39 Cosméticos, productos de cuidado personal (4% p / p de amoníaco)</b>									
Aplicar tinte para el cabello	1 evento / mes	67	9.85	6.7	0.99	2.203	0.324	0.220	0.032

\* el valor de DNEL de 68 mg / kg pc / d \* es más apropiado para los consumidores que no estarán expuestos a concentraciones corrosivas de amoníaco; se supone que la absorción dérmica es del 10%

**Caracterización del riesgo cuantitativa por inhalación** de los consumidores a las concentraciones al amoníaco, solución acuosa (en mezclas del 0 - <25%) (ES 6: uso por consumidores)

Escenario	Frecuencia de uso	Efectos locales agudos	Efectos locales crónicos	Sistémicos agudos/crónicos

### Solución Amoniaca (20 - <25%)

		DNEL = 7.2 mg/m <sup>3</sup>		DNEL = 2.8 mg/m <sup>3</sup>		DNEL = 23.8 mg/m <sup>3</sup>	
		100% absorción		100% absorción		100% absorción	
		Dosis/evento mg/kg pc/d <sup>a</sup> ay	RCR	Dosis/evento mg/kg pc/d <sup>a</sup> ay	RCR	Dosis/evento mg/kg pc/d <sup>a</sup> ay	RCR
<b>PC9a Revestimientos, pinturas, diluyentes, eliminadores (amoníaco al 0,05% p / p)</b>							
Aplicación de pintura a base de agua con brocha y rodillor	1 evento/mes	7	0.97	0.0018	6.4x10 <sup>-4</sup>	0.0018	7.6x10 <sup>-5</sup>
Rociar pintura de una lata (aplicación)	1 evento/mes	0.67	0.09	5.1x10 <sup>-5</sup>	1.8x10 <sup>-5</sup>	5.1x10 <sup>-5</sup>	2.1x10 <sup>-6</sup>
Aplicar recubrimientos generales	1 evento/mes	6.7	0.93	2.4x10 <sup>-4</sup>	8.6x10 <sup>-5</sup>	2.4x10 <sup>-4</sup>	1.0x10 <sup>-5</sup>
Aplicando removedor de pintura	1 evento/mes	3.2	0.44	3.6x10 <sup>-4</sup>	1.3x10 <sup>-4</sup>	3.6x10 <sup>-4</sup>	1.5x10 <sup>-5</sup>
<b>PC35 Productos de lavado y limpieza (0.125% p/p de amoníaco)</b>							
Aplicación de limpiadores / detergentes líquidos de uso múltiple	104 veces/año	3.3	0.46	0.16	0.06	0.16	6.7x10 <sup>-3</sup>

4 Orientación para los usuarios intermedios para evaluar si trabajan dentro de los límites establecidos por el ES

Incluir en las etiquetas las recomendaciones de uso seguro para los consumidores

**Resumen**

Debido a la combustión, en las plantas de cemento se producen emisiones de Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) las cuales es necesario controlar para cumplir los límites establecidos por la legislación vigente en medio ambiente.

En el presente trabajo se realizará una revisión y evaluación del sistema existente en la torre de intercambio de calor previa al horno para proponer una reducción de los costos derivados del abatimiento de las emisiones de NO<sub>x</sub>, minimizando el consumo de las sustancias con las que se reducen los óxidos de nitrógeno.

**Abstract**

Due to combustion, Nitrogen oxide (NO<sub>x</sub>) emissions are produced in the cement plants. These emissions must be controlled in order to comply with the limits established by current legislation on the environment. In the present work a review and evaluation of the existing NO<sub>x</sub> reduction system in the heat exchange tower prior to the kiln will be carried out, with the objective of reducing costs derived from the abatement of NO<sub>x</sub> emissions by minimizing the consumption of the substances with which nitrogen oxides are reduced.