

Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para la fabricación de baldosas cerámicas y artefactos sanitarios

Introducción

Las guías sobre medio ambiente, salud y seguridad (MASS) son documentos de referencia técnica que contienen ejemplos generales y específicos de la práctica internacional recomendada para la industria en cuestión¹. Cuando uno o más miembros del Grupo del Banco Mundial participan en un proyecto, estas guías sobre MASS se aplican con arreglo a los requisitos de sus respectivas políticas y normas. Las presentes guías sobre MASS para este sector de la industria deben usarse junto con el documento que contiene las **guías generales sobre MASS**, en el que se ofrece orientación a los usuarios respecto de cuestiones generales sobre la materia que pueden aplicarse potencialmente a todos los sectores industriales. En el caso de proyectos complejos, es probable que deban usarse las guías aplicables a varios sectores industriales, cuya lista completa se publica en el siguiente sitio web:

<http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EnvironmentalGuidelines>.

Las guías sobre MASS contienen los niveles y los indicadores de desempeño que generalmente pueden lograrse en instalaciones nuevas, con la tecnología existente y a costos razonables. En lo que respecta a la posibilidad de aplicar estas

guías a instalaciones ya existentes, podría ser necesario establecer metas específicas del lugar así como un calendario adecuado para alcanzarlas.

La aplicación de las guías debe adaptarse a los peligros y riesgos establecidos para cada proyecto sobre la base de los resultados de una evaluación ambiental en la que se tengan en cuenta las variables específicas del emplazamiento, tales como las circunstancias del país receptor, la capacidad de asimilación del medio ambiente y otros factores relativos al proyecto. La decisión de aplicar recomendaciones técnicas específicas debe basarse en la opinión profesional de personas idóneas y con experiencia.

En los casos en que el país receptor tenga reglamentaciones diferentes a los niveles e indicadores presentados en las guías, los proyectos deben alcanzar los que sean más rigurosos. Si corresponde utilizar niveles o indicadores menos rigurosos en vista de las circunstancias específicas del proyecto, debe incluirse como parte de la evaluación ambiental del emplazamiento en cuestión una justificación completa y detallada de cualquier alternativa propuesta, en la que se ha de demostrar que el nivel de desempeño alternativo protege la salud humana y el medio ambiente.

Aplicabilidad

El presente documento contiene información relativa a proyectos e instalaciones relacionados con la fabricación de baldosas cerámicas y artefactos sanitarios. El Anexo A contiene una descripción completa de las actividades de este sector industrial. No incluye la extracción de materias primas, tema

¹ Definida como el ejercicio de la aptitud profesional, la diligencia, la prudencia y la previsión que podrían esperarse razonablemente de profesionales idóneos y con experiencia que realizan el mismo tipo de actividades en circunstancias iguales o semejantes en el ámbito mundial. Las circunstancias que los profesionales idóneos y con experiencia pueden encontrar al evaluar el amplio espectro de técnicas de prevención y control de la contaminación a disposición de un proyecto pueden incluir, sin que la mención sea limitativa, diversos grados de degradación ambiental y de capacidad de asimilación del medio ambiente, así como diversos niveles de factibilidad financiera y técnica.

que se contempla en las guías sobre MASS para la extracción de materiales de construcción.

Este documento está dividido en las siguientes secciones:

Sección 1.0: Manejo e impactos específicos de la industria
Sección 2.0: Indicadores y seguimiento del desempeño
Sección 3.0: Referencias y fuentes adicionales
Anexo A: Descripción general de las actividades de la industria

1.0 Manejo e impactos específicos de la industria

La siguiente sección contiene una síntesis de las cuestiones relativas al medio ambiente, la salud y la seguridad asociadas con la fabricación de baldosas cerámicas y artefactos sanitarios durante la fase operacional, así como recomendaciones para su manejo. Las **guías generales sobre MASS** ofrecen recomendaciones adicionales para el manejo de las cuestiones de este tipo que son comunes a la mayoría de las grandes actividades industriales durante las etapas de construcción y desmantelamiento.

1.1 Medio ambiente

Algunas de las principales cuestiones ambientales relacionadas con la fabricación de baldosas cerámicas y artefactos sanitarios son las siguientes:

- Emisiones a la atmósfera
- Aguas residuales
- Residuos sólidos

Emisiones a la atmósfera

Las emisiones a la atmósfera pueden ocurrir como resultado del almacenamiento y la manipulación de materias primas y durante la cocción o el secado por atomización de artículos de cerámica. En este último caso, las emisiones pueden provenir de las materias primas y/o de los combustibles utilizados para producir calor y electricidad.

Partículas

Entre las principales fuentes de emisión de partículas se encuentran la manipulación de materias primas (por ejemplo, cribado, mezcla, pesaje y transporte/acarreo); la molienda/pulverización en seco (menos común que la molienda

húmeda); el secado (por ejemplo, el secado por atomización); los procesos de esmaltado por pulverización (tanto para la producción de baldosas como de artefactos sanitarios); la decoración y cocción, y las actividades de terminación de las piezas cocidas.

Algunas de las técnicas de prevención y control utilizadas para reducir las emisiones fugitivas de partículas son las siguientes:

- Separar las zonas de almacenamiento de otras zonas de operaciones;
- Utilizar silos cerrados para almacenar grandes cantidades de materiales en polvo;
- Utilizar protección contra el viento, barreras para lograr esta protección (ya sean barreras artificiales o vegetación verticales, como árboles y arbustos frondosos) si las materias primas se acopian al aire libre;
- Sistemas cerrados de transporte de materias primas secas (por ejemplo, cintas transportadoras, alimentadores continuos cerrados y bandejas de alimentación bien aisladas).
- Equipos de extracción del polvo y cámaras de filtros de bolsa, especialmente para materiales secos en los puntos de carga y descarga y donde los productos se cortan/muelen y pulen²;
- Reducir el número de pérdidas de aire y puntos de escape mediante actividades de mantenimiento;
- Mantener presión negativa en los sistemas cerrados que se utilizan para la manipulación de los materiales y extraer polvo del aire succionado, y
- Utilizar separadores de polvo húmedos para tratar las emisiones provenientes de los procesos de secado por

² El uso de las cámaras de filtros de bolsa es frecuente en la industria de la cerámica y especialmente importante si el polvo contiene niveles significativos de metales. Los filtros pueden utilizarse para quitar el polvo de los silos, preparar y manipular las materias primas, el secado por atomización y la molienda o el moldeado en seco. Para controlar la corrosión se deben mantener las temperaturas adecuadas. Estos filtros permiten niveles de eficiencia de la recolección de hasta el 95%.

atomización y esmaltado en la fabricación de cerámica fina. También pueden utilizarse filtros de láminas sinterizadas para separar el polvo húmedo del esmalte pulverizado y para eliminar gases de las cabinas de pulverización. Estos filtros presentan una alta resistencia a la abrasión y una eficiencia de recolección de hasta el 99,99%.

Óxido de azufre

La emisión de óxido de azufre (SO₂) en los gases de escape de los hornos de cerámica depende del contenido de azufre del combustible y determinadas materias primas (como yeso, pirita y otros compuestos de azufre). No obstante, la presencia de carbonatos en las materias primas puede prevenir la formación de emisiones de azufre debido a su reacción con el SO₂.

Algunas de las técnicas de prevención y control de la contaminación para la reducción de las emisiones de SO₂ son:

- Utilizar combustibles con un bajo contenido de azufre, como el gas natural o el gas licuado de petróleo;
- Utilizar materias primas y aditivos con bajo contenido de azufre, a fin de reducir los niveles de este elemento en los materiales procesados;
- Optimizar el proceso de calentamiento y la temperatura de cocción, que debe reducirse al rango más bajo (por ejemplo, hasta 400°C), y
- Utilizar lavadores de gases húmedos o en seco. Si la sorción seca no es capaz de producir una concentración suficiente de gas limpio, utilizar lavadores de gases húmedos (por ejemplo, lavadores reactivos o reactores de enfriamiento) agregando productos químicos reactivos básicos (por ejemplo, a base de calcio o de sodio) disueltos en el agua de lavado (reducción por vía húmeda).

Óxido de nitrógeno

Las principales fuentes de óxido de nitrógeno (NO_x) son la generación de NO_x térmico causada por las altas temperaturas de cocción (>1.200°C) en el horno, el contenido de nitrógeno de las materias primas y la oxidación del nitrógeno presente en los combustibles. Algunas de las medidas recomendadas para la reducción de emisiones de NO_x son las siguientes:

- Optimizar la temperatura de la llama máxima en el horno y utilizar un control computarizado de la cocción;
- Reducir el contenido de nitrógeno en las materias primas y los aditivos, y
- Utilizar quemadores de baja emisión de NO_x.

Emisión de gases de efecto invernadero

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), en especial de dióxido de carbono (CO₂), están asociadas principalmente a la utilización de energía en el horno y el secador por atomización. Las **guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** proporcionan información adicional sobre estrategias de manejo de las emisiones de gases de efecto invernadero, incluida la conservación de energía. Para reducir el consumo de energía en este sector se pueden adoptar las siguientes medidas:

- Reemplazar los hornos ineficientes (por ejemplo, los hornos por tiro de aire) e instalar nuevos hornos de túnel o de vagoneta del tamaño adecuado u hornos de cocción rápida (por ejemplo, hornos de rodillos). En la industria de los artefactos sanitarios, considerar la instalación de hornos de rodillos, especialmente si se produce un número de modelos reducido;
- Sustituir el petróleo combustible pesado y los combustibles sólidos con combustibles limpios (como el gas natural o el gas licuado de petróleo);

- Mejorar el sellado de los hornos para reducir la pérdida de calor derivada del paso excesivo de aire (por ejemplo, cubiertas metálicas y sellos de arena o agua en los hornos intermitentes o de túnel);
- Mejorar el aislamiento térmico de los hornos para reducir la pérdida de calor;
- Utilizar aislamiento de baja masa térmica en hornos de cocción intermitente;
- Utilizar en el horno carros de baja masa térmica para mejorar la eficiencia general (por ejemplo, de materiales como cordierita-mullita, silimanita y carburo de silicio recristalizado) y minimizar otras cargas parasitarias³;
- Utilizar quemadores de alta velocidad para obtener una mayor eficiencia de combustión y de transferencia de calor;
- Optimizar la temperatura de la llama máxima en el horno e instalar un control computarizado de la cocción;
- Optimizar la transferencia del material secado entre el secador y el horno; además, siempre que sea posible, utilizar la zona de calentamiento previo del horno para completar el proceso de secado (y así evitar un enfriamiento innecesario del artefacto secado antes de iniciar el proceso de cocción);
- Aprovechar el exceso de calor del horno, especialmente de la zona de enfriamiento, para calentar los secadores y realizar un secado previo de los productos, y
- Aprovechar el calor de los gases de escape del horno para calentar previamente el aire de la combustión.

Para aumentar la eficiencia energética en los secadores por atomización se puede hacer lo siguiente:

³ Los carros de baja masa térmica producen un significativo ahorro de combustible en los hornos de túnel y aumentan el rendimiento al incrementar el espacio disponible para los artefactos. Además, permiten un mejor ajuste a los perfiles de temperatura de calentamiento y enfriado más adecuados y minimizan el riesgo de variación térmica brusca de los productos.

- Seleccionar un secador por atomización con una boquilla mejorada;
- Instalar un sistema de aislamiento en el secador, y
- Adecuar el tamaño de los ventiladores de escape e instalar controles de velocidad variable con inversor en lugar de ventiladores y reguladores de tiro de velocidad fija.

Otros medios para alcanzar la eficiencia energética son:

- Utilizar prensas hidráulicas de alta presión para las baldosas cerámicas;
- Utilizar el moldeado por inyección en las plantas de artefactos sanitarios;
- Optimizar el tiempo de los ciclos de pulverización de los molinos de bolas;
- Optimizar la cantidad de agua utilizada en la mezcla;
- Limitar la carga eléctrica de los molinos mediante el uso de motores eléctricos de dos velocidades o equipados con acoplamiento hidráulico;
- Utilizar sensores de humedad para controlar el grado de sequedad y el recubrimiento en la fabricación de baldosas cerámicas, y
- Aplicar la cogeneración de calor y electricidad para producir energía eléctrica a partir del calor residual del funcionamiento del secador por atomización con turbinas de gas.

Cloruros y fluoruros

Los cloruros y los fluoruros son contaminantes que se encuentran en los gases de desecho de los hornos de cerámica, generados por las impurezas de los materiales que conforman la arcilla. La utilización de aditivos y agua que contienen cloruros durante la preparación de las materias primas puede generar emisiones de ácido clorhídrico. El ácido fluorhídrico se puede generar por la descomposición de los

fluorossilicatos de la arcilla. Algunas de las medidas recomendadas para prevenir y controlar las emisiones de cloruro y fluoruro son:

- Utilizar materias primas y aditivos con bajo contenido de flúor, que pueden utilizarse para diluir las emisiones en el material procesado, y
- Utilizar lavadores de gas secos. Tanto el ácido fluorhídrico como el ácido clorhídrico se pueden controlar con absorbentes básicos, como el bicarbonato de sodio (NaHCO_3), el hidróxido de calcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ y la cal, en seco o con humedad.

Metales

El contenido de metales pesados de la mayoría de las materias primas de la cerámica suele ser bajo y poco importante, a excepción de algunos pigmentos para esmaltar. A fin de reducir las emisiones de metal, se debe:

- Utilizar esmaltes convencionales que no contengan plomo u otros metales tóxicos. Deberán evitarse los pigmentos y colorantes a base de cromo que contengan antimonio, bario, cobalto, plomo, litio, manganeso o vanadio;
- Utilizar compuestos coloreados (por ejemplo, pigmentos que contienen colorantes) que sean estables a altas temperaturas y, por lo general, inertes en los sistemas de silicato. El riesgo de la volatilidad de los metales con este tipo de esmalte se puede reducir aún más con ciclos de horneado cortos, y
- Utilizar técnicas altamente eficaces de reducción del polvo (por ejemplo, filtros de tela).

Aguas residuales

Aguas residuales de procesos industriales

Las aguas residuales de los procesos industriales se generan principalmente a partir del agua de limpieza utilizada en la preparación y moldeado de las unidades, así como de varias actividades del proceso (por ejemplo, esmaltado, decorado, pulido y pulverización húmeda). El agua residual de los procesos industriales se caracteriza por ser turbia y coloreada, debido a las minúsculas partículas de esmalte y minerales de arcilla en ella suspendidas. Algunos de los contaminantes que pueden llegar a ser peligrosos son los sólidos suspendidos (por ejemplo, arcillas y silicatos insolubles), metales pesados suspendidos y disueltos (por ejemplo, plomo y zinc), sulfatos, boro y restos de materia orgánica. Algunas medidas específicas del sector para prevenir y minimizar la generación de aguas residuales son las siguientes:

- Utilizar sistemas de eliminación de gases por medios secos en vez de húmedos;
- Cuando resulte práctico, instalar sistemas de recolección de residuos de esmalte;
- Instalar sistemas de tuberías de transporte por deslizamiento, y
- Separar las corrientes de aguas residuales de otros pasos del proceso y aplicar sistemas de reutilización del agua en circuitos cerrados⁴.

Tratamiento de las aguas residuales de los procesos industriales

Algunas de las técnicas de tratamiento de las aguas residuales generadas por procesos industriales en este sector son: la compensación de flujo y carga con ajuste de pH; la sedimentación para reducir los sólidos en suspensión mediante

⁴ Normalmente, en la fabricación de baldosas cerámicas se puede reciclar entre el 70% y el 80% del agua, mientras que en la fabricación de artefactos sanitarios se puede reutilizar entre el 30% y el 50%.

el uso de balsas o depósitos de decantación; el filtrado multimedia para reducir los sólidos en suspensión no sedimentables; la separación del agua y la eliminación de los residuos en vertederos o, si esto resulta peligroso, en sitios de eliminación de desechos creados a tal fin. Pueden ser necesarios otros sistemas técnicos de control para la eliminación más avanzada de metales mediante la filtración por membrana u otras tecnologías de tratamiento físico/químico.

En las **guías generales sobre MASS** se analiza el manejo de las aguas residuales industriales y se ofrecen ejemplos para su tratamiento. La utilización de estas tecnologías y de buenas prácticas técnicas para la gestión de las aguas residuales debería garantizar que las instalaciones satisfagan los valores que indican las guías para la descarga de aguas residuales, y que se recogen en el cuadro correspondiente de la Sección 2 de este documento sobre el sector.

Consumo de agua y otras corrientes de aguas residuales

En las **guías generales sobre MASS** se dan orientaciones sobre el manejo de aguas residuales no contaminadas procedentes de operaciones de servicios públicos, aguas pluviales no contaminadas y aguas de alcantarillado. Las corrientes contaminadas deberían desviarse hacia el sistema de tratamiento de aguas residuales de procesos industriales. Las recomendaciones para reducir el consumo de agua, especialmente en aquellos sitios en que pueda ser un recurso natural escaso, se analizan en las **guías generales sobre MASS**.

Residuos sólidos

Los residuos de los procesos industriales que se originan en la fabricación de los productos cerámicos son principalmente distintos tipos de lodo, como el resultante del tratamiento de aguas residuales y el lodo que queda de actividades de

esmaltado, enyesado y pulverización. Otros residuos de estos procesos son los artefactos que se rompen en alguna etapa de la fabricación (por ejemplo, moldeado, secado y cocción); material refractario roto; sólidos del tratamiento del polvo (por ejemplo, eliminación del polvo y depuración de los gases de chimenea); moldes de yeso desgastados; agentes de sorción desgastados (por ejemplo, cal granulada y polvo de cal), y residuos de embalaje (por ejemplo, plástico, madera, metal, papel).

Algunas de las recomendaciones para el manejo de los residuos sólidos son las siguientes:

- Reducir la producción de residuos mediante el mejoramiento de los procesos:
 - Reemplazar, para el colaje con barbotina, los moldes de yeso por unidades de presión (prensas isostáticas) con moldes de polímero;
 - Aumentar la vida útil de los moldes de yeso (por ejemplo, utilizando moldes de yeso más resistentes, fabricados con mezcladores automáticos o de vacío);
 - Instalar controles electrónicos de la curva de cocción (a fin de optimizar el proceso y reducir la cantidad de piezas que se rompen), y
 - Instalar cabinas de esmaltado con aerógrafo que permitan recuperar el exceso de esmalte.
- Reducir la generación de residuos mediante el reciclado y la reutilización interna de recortes, artefactos rotos, moldes de yeso usados y otros subproductos, incluido el lodo, aplicando las siguientes técnicas:
 - Reciclar el lodo en los moldes de cerámica, especialmente en instalaciones donde se aplique la molienda en húmedo para la preparación de las materias primas;
 - Reutilizar el lodo de la fabricación de cerámica fina y artefactos sanitarios como materia prima o aditivo en

la fabricación de ladrillos o agregados de arcilla expandida, y

- Reciclar, como materia prima, el polvo recogido en los sistemas de reducción y mediante distintas actividades del proceso, además de los recortes y otras pérdidas.
- En el caso de materiales que no pueden reciclarse, eliminarlos siguiendo las orientaciones sobre el manejo de los residuos industriales incluidos en las **guías generales sobre MASS**.

1.2 Higiene y seguridad en el trabajo

Los impactos sobre la higiene y la seguridad en el trabajo asociados a la construcción y el desmantelamiento de fábricas de baldosas cerámicas y artefactos sanitarios son similares a los que se producen en la mayoría de las instalaciones industriales; su prevención y control se analizan en las **guías generales sobre MASS**. Algunas de las cuestiones en materia de higiene y seguridad en el trabajo relacionadas con la etapa de operaciones de la fabricación de baldosas cerámicas y artefactos sanitarios son las siguientes:

- Riesgos para el aparato respiratorio
- Exposición al calor
- Exposición al ruido y a las vibraciones
- Riesgos físicos
- Riesgos de electrocución

Riesgos para el aparato respiratorio

La exposición en el lugar de trabajo a finas partículas de polvo de sílice (SiO₂) en el aire, proveniente de arenas de sílice y de feldespato, constituye el principal riesgo de trabajo en este sector. Otros posibles riesgos pueden provenir de la aplicación de esmaltes, las fibras de cerámica refractaria que se

encuentran en el aire y los subproductos de la combustión. Algunas de las técnicas recomendadas para prevenir y controlar la exposición son:

- Almacenar las materias primas lejos de otras zonas de operaciones;
- Instalar sistemas de ventilación con aspiración localizada con filtros (por ejemplo, en las campanas de desbarbado);
- Instalar sistemas de ventilación en los hornos (por ejemplo, utilizar aberturas de tamaño ajustable en la parte superior de los hornos) para facilitar la carga y descarga;
- Limpiar periódicamente el polvo acumulado en las superficies (por ejemplo, con equipo de aspiración con filtros de aire para partículas de alta eficiencia [HEPA]);
- Aspirar, lavar con manguera o limpiar con trapo húmedo las áreas de trabajo, en vez de barrer en seco;
- De ser posible, adquirir materiales previamente mezclados para reducir la necesidad de realizar la mezcla. Mover lo menos posible el polvo seco con palas y disponer la recepción de las materias primas en contenedores más grandes, para ser transportados por una grúa horquilla;
- Transportar las materias primas a través de cintas o tubos recubiertos;
- Aplicar el esmalte en zonas bien ventiladas e instalar cabinas de pulverización. Evitar el uso de esmaltes poco solubles que contengan plomo y otros metales pesados, y
- Proporcionar equipo de protección personal, por ejemplo, monos (overoles), gafas protectoras, guantes y máscaras a quienes tengan que trabajar en ambientes con polvo o en la aplicación de esmaltes.

Exposición al calor

La exposición al calor puede producirse durante las fases de funcionamiento o mantenimiento de los hornos u otras máquinas que generan calor. La exposición al calor radiante y a los cambios de temperatura, así como a una elevada humedad

ambiente, es un riesgo específico del sector. Algunas de las técnicas recomendadas para prevenir y controlar la exposición al calor son:

- Garantizar una adecuada ventilación del lugar de trabajo (por ejemplo, ventilación con aire fresco, ventilación transversal y extractores de aire);
- Proporcionar espacios con aire acondicionado para que los trabajadores tomen descansos;
- Proteger las superficies donde los trabajadores están cerca de máquinas que generan calor;
- Reducir el tiempo de trabajo en ambientes de alta temperatura (por ejemplo, turnos más cortos en estos lugares), y
- Utilizar equipos de protección personal (por ejemplo, guantes y zapatos aislantes, y respiradores de aire u oxígeno), especialmente durante las operaciones de mantenimiento.

Ruido y vibraciones

Algunas de las fuentes de ruido son la preparación de la materia prima (por ejemplo, trituración, molienda, pulverización, mezclado en seco o con líquido, cribado, clarificación), los procesos de prensado o granulación, corte, trituración y pulido, los soplantes de los hornos y el embalaje. En las **guías generales sobre MASS** se proporciona orientación sobre el control del ruido.

Riesgos físicos

Las actividades relacionadas con el funcionamiento y el mantenimiento de los equipos (por ejemplo, los molinos, los separadores y las cintas transportadoras) constituyen una fuente de exposición al impacto físico, especialmente durante el encendido y apagado de los equipos. Otros riesgos típicos son la manipulación de materiales afilados, el levantamiento de objetos pesados y la realización de movimientos repetitivos. En

las **guías generales sobre MASS** se incluyen orientaciones sobre la prevención y el control de los riesgos físicos.

Riesgos de electrocución

Los trabajadores pueden estar expuestos a riesgos de electrocución debido a la presencia de equipos eléctricos en las plantas de fabricación de baldosas cerámicas y artefactos sanitarios. En las **guías generales sobre MASS** se ofrecen recomendaciones para prevenir y controlar la exposición a estos riesgos.

1.3 Higiene y seguridad en la comunidad

Los impactos en la higiene y seguridad de la comunidad durante la construcción, puesta en funcionamiento y desmantelamiento de las plantas de fabricación de artículos de cerámica son comunes a los de la mayoría de las demás instalaciones industriales y se analizan en las **guías generales sobre MASS**.

2.0 Indicadores y seguimiento del desempeño

2.1 Medio ambiente

Guías sobre emisiones y efluentes

En los Cuadros 1 y 2 se presentan las guías sobre emisiones y efluentes para este sector. Las cantidades correspondientes a las emisiones y efluentes de los procesos industriales en este sector son indicativas de las prácticas internacionales recomendadas para la industria, reflejadas en las normas correspondientes de los países que cuentan con marcos normativos reconocidos. Dichas cantidades pueden alcanzarse en condiciones normales de funcionamiento de instalaciones adecuadamente diseñadas y utilizadas mediante la aplicación de las técnicas de prevención y control de la contaminación que se han analizado en las secciones anteriores de este documento. Estos niveles deberán alcanzarse, sin dilución, al menos el 95% del tiempo que la planta o la instalación está en funcionamiento, calculado en proporción a las horas de funcionamiento en el curso de un año. La desviación de estos niveles debido a las condiciones locales específicas del proyecto deberá justificarse en la evaluación ambiental.

Las guías sobre emisiones son aplicables a las emisiones procedentes de la combustión. Las guías sobre emisiones procedentes de la combustión relacionadas con centrales de generación de vapor y energía a partir de fuentes con una capacidad igual o inferior a 50 MW se analizan en las **guías generales sobre MASS**, y las guías sobre emisiones procedentes de centrales de mayor capacidad se analizan en las **guías sobre MASS para centrales térmicas**. En las **guías generales sobre MASS** se proporciona orientación acerca de consideraciones ambientales basadas en la carga total de emisiones.

Las guías sobre efluentes se aplican a los vertidos directos de efluentes tratados a aguas superficiales de uso general. Los niveles de vertido específicos del emplazamiento pueden establecerse basándose en la disponibilidad y condiciones de los sistemas de tratamiento y recogida de aguas de alcantarillado público o, si se vierten directamente a las aguas superficiales, basándose en la clasificación del uso del agua receptora que se describe en las **guías generales sobre MASS**.

Cuadro 1. Niveles de emisiones atmosféricas en la fabricación de baldosas cerámicas

Contaminante	Unidad	Cantidad
Partículas	mg/Nm ³	50 ^a
SO ₂	mg/Nm ³	400 ^b
NO _x	mg/Nm ³	600 ^b
Ácido clorhídrico	mg/Nm ³	30
Ácido fluorhídrico	mg/Nm ³	5
Plomo	mg/Nm ³	0,5
Cadmio	mg/Nm ³	0,2
Carbono orgánico total	mg/Nm ³	20

Notas:
^a Pilas de secador y de horno;
^b Funcionamiento del horno (a un 10% de O₂).

Cuadro 2. Niveles de efluentes en la fabricación de baldosas cerámicas

Contaminantes	Unidades	Cantidades
pH	S.U.	6-9
DBO ₅	mg/L	50
Sólidos suspendidos totales	mg/L	50
Aceite y grasa	mg/L	10
Plomo	mg/L	0,2
Cadmio	mg/L	0,1
Cromo (total)	mg/L	0,1
Cobalto	mg/L	0,1
Cobre	mg/L	0,1
Níquel	mg/L	0,1
Zinc	mg/L	2
Aumento de la temperatura	°C	<3 ^a

^a En el límite de una zona de mezcla científicamente determinada que tiene en cuenta la calidad del agua ambiente, la utilización del agua receptora, los receptores potenciales y la capacidad de asimilación.

Uso de los recursos

En los cuadros siguientes se proporcionan ejemplos del uso de los recursos e indicadores de carga en este sector. Se ofrecen indicadores de referencia del sector solamente a fines comparativos; los proyectos individuales deberían apuntar a un mejoramiento continuo.

Cuadro 3. Consumo de energía

Insumos por unidad de producto	Unidad	Indicador del sector
Fabricación de baldosas cerámicas: consumo de energía		
Energía térmica: Proceso de secado por atomización	kJ/kg	980-2.200
Energía térmica: Proceso de secado	kJ/kg	250-750
Energía térmica: Cocción: baldosas de cocción única (Hornos de túnel)	kJ/kg	5.400-6.300
Energía térmica: Cocción: baldosas de doble cocción (Hornos de túnel)	kJ/kg	6.000-7.300
Energía térmica: Cocción: baldosas de cocción única (Hornos de rodillos)	kJ/kg	1.900-4.800
Energía térmica: Cocción: baldosas de doble cocción (Hornos de rodillos)	kJ/kg	3.400-4.600
Energía eléctrica: Prensado	kWh/kg	50-150
Energía eléctrica: Secado	kWh/kg	10-40
Energía eléctrica: Horneado	kWh/kg	20-150
Fabricación de artefactos sanitarios: Consumo de energía		
Horno convencional de túnel	kJ/kg	9.100-12.000
Horno de túnel moderno con aislamiento de fibra ligera	kJ/kg	4.200-6.500
Horno de rodillos	kJ/kg	3.500-5.000
Horno moderno de vagoneta	kJ/kg	8.500-11.000

Fuente: EU BREF (2005)

Cuadro 4. Generación de residuos

Resultado por unidad de producto	Unidad	Indicador del sector
Residuos provenientes del esmaltado de la superficie de las baldosas	g/m ² de superficie de baldosa	100
Lodo	g/m ² de superficie de baldosa	90-150
Residuos sólidos: recortes y baldosas defectuosas	g/m ² de superficie de baldosa	700-1300
Recuperación y reutilización del esmalte en la fabricación de artefactos sanitarios	m ³ /día	0,08-0,1
Esmalte utilizado por artefacto sanitario	kg/unidad	1,5-3

Seguimiento ambiental

Se llevarán a cabo programas de seguimiento ambiental para este sector en todas aquellas actividades identificadas por su potencial impacto significativo en el medio ambiente, durante las operaciones normales y en condiciones alteradas. Las actividades de seguimiento ambiental se basarán en indicadores directos e indirectos de emisiones, efluentes y uso de recursos aplicables al proyecto concreto.

La frecuencia del seguimiento debería permitir obtener datos representativos sobre los parámetros objeto del seguimiento. El seguimiento deberá recaer en individuos capacitados, quienes deberán aplicar los procedimientos de seguimiento y registro y utilizar un equipo adecuadamente calibrado y mantenido. Los datos de seguimiento se analizarán y revisarán con regularidad, y se compararán con las normas vigentes para así adoptar las medidas correctivas necesarias. Las **guías generales sobre MASS** contienen orientaciones adicionales sobre los métodos de muestreo y análisis de emisiones y efluentes.

2.2 Higiene y seguridad en el trabajo

Guías sobre higiene y seguridad en el trabajo

Para evaluar el desempeño en materia de higiene y seguridad en el trabajo deben utilizarse las guías sobre la materia que se publican en el ámbito internacional, entre ellas: guías sobre la concentración máxima admisible de exposición profesional (TLV®) y los índices biológicos de exposición (BEIs®) publicados por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)⁵, la Guía de bolsillo sobre riesgos químicos publicada por el Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo de los Estados Unidos (NIOSH)⁶, los límites permisibles de exposición publicados por la Administración de Seguridad e Higiene en el Trabajo de los Estados Unidos (OSHA)⁷, los valores límite indicativos de exposición profesional publicados por los Estados miembros de la Unión Europea⁸ u otras fuentes similares.

Tasas de accidentes y letalidad

Deben adoptarse medidas para reducir a cero el número de accidentes entre los trabajadores del proyecto (ya sean empleados directos o personal subcontratado), especialmente los accidentes que pueden causar la pérdida de horas de trabajo, diversos niveles de discapacidad e incluso la muerte. Como punto de referencia para evaluar las tasas del proyecto puede utilizarse el desempeño de instalaciones en este sector en países desarrollados, que se obtiene consultando las fuentes publicadas (por ejemplo, a través de la Oficina de Estadísticas

⁵ Disponibles en: <http://www.acgih.org/TLV/> y <http://www.acgih.org/store/>

⁶ Disponible en: <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>

⁷ Disponibles en: http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992

⁸ Disponibles en: http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/

Laborales de los Estados Unidos y el Comité Ejecutivo de Salud y Seguridad del Reino Unido)⁹.

Seguimiento de la higiene y la seguridad en el trabajo

Es preciso realizar un seguimiento de los riesgos que pueden correr los trabajadores en el entorno laboral del proyecto concreto. Las actividades de seguimiento deben ser diseñadas y realizadas por profesionales acreditados¹⁰ como parte de un programa de seguimiento de la higiene y la seguridad en el trabajo. En las instalaciones, además, debe llevarse un registro de los accidentes y enfermedades laborales, así como de los sucesos y accidentes peligrosos. Las **guías generales sobre MASS** contienen orientaciones adicionales sobre los programas de seguimiento de la higiene y la seguridad en el trabajo.

⁹ Disponibles en: <http://www.bls.gov/iif/> y <http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm>

¹⁰ Los profesionales acreditados pueden incluir a higienistas industriales certificados, higienistas ocupacionales diplomados o profesionales de la seguridad certificados o su equivalente.

3.0 Referencias y fuentes adicionales

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA). 1995. Office of Compliance. Profile of the Stone, Clay, Glass and Concrete Products Industry. Sector Notebook Project. Washington, D.C.: Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Disponible en <http://www.epa.gov/compliance/resources/publications/assistance/sectors/notebooks/>

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA). Code of Federal Regulation Title 40, Part 63 National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Source Categories. Subpart KKKKK National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Clay Ceramics Manufacturing. Washington, D.C.: US EPA.

Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA). 2001. Joint EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook, Third Edition. Copenhagen: EEA. Disponible en <http://reports.eea.europa.eu/EMEPCORINAIR4/en/page012.html>

Assopiastrelle y Snam. 1998. Rapporto Integrato Ambiente Energia Sicurezza Salute Qualità, Industria Italiana delle Piastrelle di Ceramica e dei Materiali Refrattari. Sassuolo, Italia: Assopiastrelle y Snam.

Comisión Europea (CE). 1996. Corinair90. Emission Inventory Guidebook. Fine Ceramics Production. Activities 030320. Copenhagen: CE. Disponible en <http://reports.eea.europa.eu/EMEPCORINAIR4/en/B3320vs2.1.pdf>

CE. 2005. European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB). Reference Document on Best Available Techniques (BREF) for Ceramics. Sevilla: EIPPCB. Disponible en <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>

Departamento de Medio Ambiente, Alimentos y Asuntos Rurales (DEFRA), Reino Unido. 2004. Integrated Pollution Prevention and Control. Secretary of State's Guidance for the A2 Ceramics Sector including Heavy Clay, Refractories, Calcining Clay and Whiteware. Sector Guidance Note IPPC SG7. Londres: DEFRA. Disponible en www.defra.gov.uk/environment/ppc/localauth/pubs/guidance/notes/sgnotes/

Departamento de Trabajo de los Estados Unidos, Oficina de Estadísticas Laborales (BLS). 2003. Occupational Injuries and Illnesses: Industry Data. Years 1995-2003. Washington, D.C.: BLS. Disponible en <http://www.bls.gov/iif/oshsum.htm>

Environment Australia. 1998. National Pollutant Inventory, Emissions Estimation Technique Manual for Bricks, Ceramics, and Clay Product Manufacturing. Canberra, Australia: Environment Australia.

Gobierno de Hong Kong, Departamento de Protección Ambiental. 1994. Air Management Group. A Guidance Note on the Best Practicable Means for Ceramic Works. BPM4. Hong Kong: Gobierno de Hong Kong. Disponible en http://www.epd.gov.hk/epd/english/environmentinhk/air/guide_ref/guide_best_pract.html

Ministerio Alemán de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU). 2002. First General Administrative Regulation Pertaining the Federal Immission Control Act (Technical Instructions on Air Quality Control - TA Luft). Berlín: BMU. Disponible en http://www.bmu.de/english/air_pollution_control/ta_luft/doc/36958.php

Ministerio Alemán de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU). 2004. Promulgation of the New Version of the

Ordinance on Requirements for the Discharge of Waste Water into Waters (Waste Water Ordinance - AbwV). 17 de junio de 2004. Berlín: BMU. Disponible en http://www.bmu.de/english/water_management/downloads/doc/3381.php

Oficina de Medio Ambiente y Patrimonio Cultural de Irlanda del Norte. 1998. Chief Inspector's Guidance to Inspectors - Ceramic Processes. Process Guidance Note GNB 3/6 Version 1. Belfast: Oficina de Medio Ambiente y Patrimonio Cultural de Irlanda del Norte. Disponible en <http://www.ehsni.gov.uk/pollution/ipc/guidancenotespartb.htm>

Organismo de Protección del Medio Ambiente de Irlanda (EPA). 1996. BATNEEC Guidance Note - Coarse Ceramics. Class 13.4, Draft 3. Dublín: Irlanda, EPA. Disponible en <http://www.epa.ie/Licensing/BATGuidanceNotes/>

Anexo A: Descripción general de las actividades de la industria

Los productos cerámicos se fabrican a partir de arcillas y otros materiales inorgánicos no metálicos. Las baldosas cerámicas son placas delgadas que se utilizan habitualmente para recubrir pisos y paredes. Por lo general, adoptan su forma mediante un proceso de extrusión o prensado del polvo a temperatura ambiente, seguido del secado y la cocción para que dicha forma se mantenga permanentemente. Los productos cerámicos utilizados con fines sanitarios (por ejemplo, lavabos, pilas, cisternas y bebederos) se denominan en conjunto artefactos sanitarios y se fabrican principalmente con loza (semiporcelana) o gres. Los niveles normales de producción de las plantas de fabricación de cerámica varían de 10 a 50 toneladas diarias de cerámica fina y de 450 a 500 toneladas diarias de baldosas cerámicas.

Algunas de las actividades comunes del proceso de fabricación de baldosas cerámicas y artefactos sanitarios son la mezcla de minerales básicos de arcilla (materias primas) con otros minerales aditivos y el proceso de cocción/fusión. Durante este proceso, las materias pasan a un estado vídrioso (vitrificación) a temperaturas de entre 1.000°C y 1.400°C. El proceso de vitrificación confiere a los productos cerámicos las propiedades químicas y físicas específicas, incluida la resistencia al calor y al fuego, la durabilidad y la inercia química. Los principales procesos de fabricación contemplados en estas guías son el almacenamiento y la preparación de las materias primas, el moldeado, el secado, el tratamiento de las superficies (por ejemplo, esmaltado), la cocción, el tratamiento (por ejemplo, pulido), la distribución y el embalaje. En el Gráfico A.1 se describe un proceso normal de fabricación de artículos de cerámica.

Almacenamiento y manipulación de las materias primas

Los productos fabricados por la industria de la cerámica son predominantemente una mezcla compleja de minerales de arcilla (silicatos de aluminio que actúan como materiales plásticos) acompañados de otros minerales (por ejemplo, aditivos, material de relleno y fluidificantes [materiales no plásticos]), y componentes del esmalte). En el Cuadro A.1 se presenta un resumen de las principales materias primas utilizadas en la fabricación de artículos de cerámica.

Por lo general, los componentes se entregan a granel en la zona de almacenamiento de materias primas y se acopian en espacios abiertos o en contenedores/silos para limitar la interacción con los agentes atmosféricos y los problemas de generación de polvo. Las materias primas se preparan mediante varios procesos (por ejemplo, trituración primaria y secundaria, pulverización, cribado, molienda en seco o con humedad, filtrado en seco, secado por atomización, calcinación), se mezclan y se prensan, y se someten a extrusión o moldeado con barbotina (forma/moldeado). Los esmaltes se preparan con sílice (como principal componente), agentes fluidificantes (por ejemplo, álcalis, metales alcalino-terrosos, boro, plomo), opacificantes (por ejemplo, circonio y titanio) y agentes colorantes (por ejemplo, hierro, cromo, cobalto y manganeso). El agua se utiliza habitualmente para mejorar la mezcla y el moldeado; luego se pasa a la etapa de secado. También puede llevarse a cabo el tratamiento y el decorado de la superficie de los productos de arcilla. Posteriormente, los productos se colocan en hornos para la cocción/vitrificación.

Cuadro A.1. Materias primas que conforman la cerámica

Aditivos	caolín, piedra caliza
Materias primas básicas (materiales plásticos)	caolinita, montmorillonita, halloysita
Material de relleno y fluidificantes (materiales no plásticos)	cuarzo, feldespato, greda, dolomita, wollastonita, óxidos de hierro, yeso, esteatita, talco
Componentes del esmalte	silice, álcalis, plomo, boro, circonio, hierro, cromo, cobalto

Proceso de cocción

El proceso de cocción permite la vitrificación de los productos de arcilla moldeados y secados. La cocción se lleva a cabo en hornos, que pueden ser de funcionamiento de continuo o intermitente. Los hornos de funcionamiento continuo pueden ser de túnel o de rodillos. Los hornos de túnel son túneles refractarios a los que ingresan carros que se desplazan sobre rieles. Los carros poseen plataformas refractarias donde se colocan los artefactos secados siguiendo un patrón definido y permanente. Los carros entran en los túneles en intervalos fijos, en sentido opuesto a un flujo de aire impulsado por ventiladores, que sale por un conducto de escape ubicado cerca de la entrada de los carros. La mayoría de los hornos de túnel funcionan con gas. Las materias primas secas colocadas en los carros se calientan previamente con gases calientes que se extraen de la zona de cocción, mientras que el aire entrante enfría los materiales cocidos y se calienta previamente a la combustión. Una parte del aire proveniente de la zona de enfriamiento se extrae habitualmente para los secadores adyacentes. A fin de reducir el número de procesos de cocción y el consumo de energía, es necesario contar con una cámara de cocción impermeable a los gases; por eso, la cámara y los carros del horno habitualmente se sellan a los costados del túnel con un sello de arena (o agua u otras soluciones mecánicas) para evitar la entrada de aire secundario.

Los hornos de rodillos de plataforma única se utilizan habitualmente para la producción de baldosas de paredes y pisos. La cocción se lleva a cabo con quemadores de aire-gas natural ubicados a los costados del horno. El proceso de cocción se ha reducido a menos de 40 minutos y las baldosas se transportan sobre rodillos mecánicos. Los principales mecanismos de transmisión del calor son la convección y la radiación. Los hornos de rodillos se utilizan a veces para la producción de tejas de arcilla y artefactos sanitarios.

Los hornos intermitentes pueden ser de vagoneta y de chimenea, con cámaras únicas, que se cargan con productos cerámicos secos, sellados, y luego se exponen a un ciclo de cocción definido. Habitualmente, los hornos vienen provistos de quemadores de gas y los hornos intermitentes se utilizan a veces para la fabricación en menor escala de artefactos sanitarios especiales.

Terminación de los productos

Luego de la cocción, se aplican diversos tratamientos para lograr la terminación deseada del producto. Estos tratamientos pueden consistir en la rectificación (en seco o con medios líquidos), el aserrado y el pulido. También es posible agregar materiales auxiliares para productos específicos. El proceso de fabricación concluye con la distribución, el embalaje y el almacenamiento de los productos cerámicos.

Gráfico A.1: Proceso habitual de fabricación de baldosas cerámicas

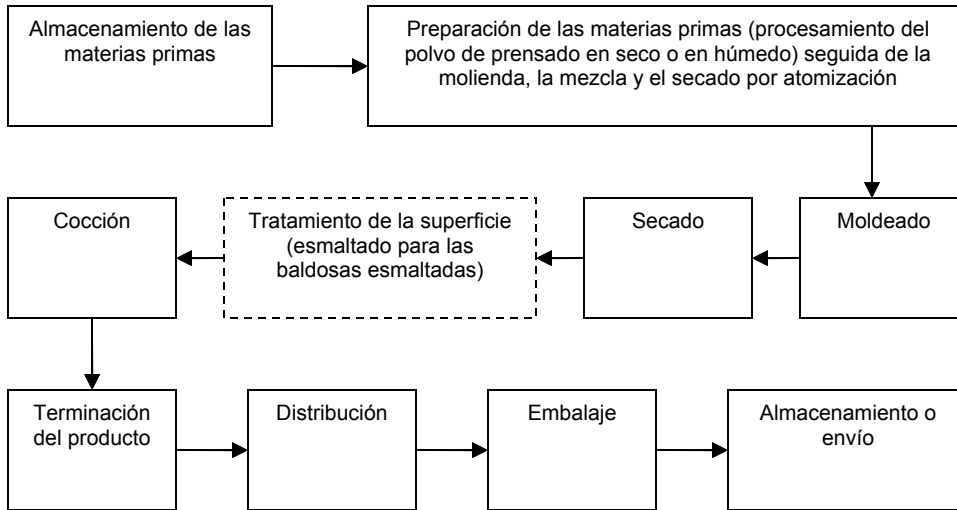


Gráfico A.2: Proceso habitual de fabricación de artefactos sanitarios

