

# Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para las fábricas de cerveza

## Introducción

Las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad son documentos de referencia técnica que contienen ejemplos generales y específicos de la práctica internacional recomendada para la industria en cuestión<sup>1</sup>. Cuando uno o más miembros del Grupo del Banco Mundial participan en un proyecto, estas Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad se aplican con arreglo a los requisitos de sus respectivas políticas y normas. Las presentes Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para este sector de la industria deben usarse junto con el documento que contiene las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**, 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 medio ambiente, salud y seguridad 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. Cuando, en vista de las circunstancias específicas de cada proyecto, se considere necesario aplicar medidas o niveles menos exigentes que aquellos proporcionados por estas Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad, será necesario aportar una justificación exhaustiva y detallada de las alternativas propuestas como parte de la evaluación ambiental en un sector concreto. Esta justificación debería demostrar que los niveles de desempeño escogidos garantizan la protección de la salud y el medio ambiente.

## Aplicabilidad

Las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para las fábricas cerveceras abordan la producción de cerveza, desde el almacenamiento de materias primas hasta el envío de las

<sup>1</sup> 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.

botellas, latas, barricas y barriles llenos. El **Anexo A** contiene un resumen de las actividades del sector industrial. La presente guía no analiza la producción de malta o la producción de bebidas no alcohólicas y refrescos. 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 a la fabricación de cerveza, así como recomendaciones para su manejo. Por otra parte, en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** se ofrecen recomendaciones sobre el manejo de las cuestiones de este tipo que son comunes a la mayoría de los grandes establecimientos industriales durante las etapas de construcción y de desmantelamiento.

### 1.1 Medio ambiente

Las cuestiones ambientales relacionadas con la fase operativa de las fábricas cerveceras incluyen principalmente:

- Consumo de energía
- Consumo de agua
- Aguas residuales
- Residuos y derivados sólidos
- Emisiones al aire

#### Consumo de energía

Los procesos de fabricación de la cerveza implican un uso relativamente intensivo tanto de electricidad como de energía térmica. La energía térmica se utiliza para aumentar el vapor en las calderas, empleadas principalmente para cocer el mosto y calentar el agua en la sala de macerado y de embotellado. El sistema de refrigeración del proceso suele ser el principal consumidor de electricidad, aunque las salas de macerado y embotellado y la planta de tratamiento de aguas residuales también consumen buena parte de la electricidad. El consumo energético específico de una cervecería depende en gran medida del sistema de servicios auxiliares y el diseño del proceso; sin embargo, pueden existir variantes específicas del

emplazamiento como resultado de las diferencias en la fórmula y tipo de envasado del producto, la temperatura de entrada del agua empleada para elaborar la cerveza en la fábrica y las variaciones climáticas.

El consumo específico de energía en una cervecería puede oscilar entre los 100–200 megajulios por hectolitro (MJ/hl), dependiendo del tamaño, la sofisticación y los factores enumerados anteriormente<sup>2</sup>. En muchas cervecerías podría producirse un considerable ahorro de energía si se adoptasen las guías generales para el manejo de la energía descritas en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**, además de las siguientes técnicas, que son de especial interés para la industria cerveceras:

- Instalar contadores de energía y agua para medir y controlar el consumo en toda la planta;
- Desarrollar un balance de agua caliente para toda la fábrica para estudiar las posibilidades de recuperación de calor de los procesos de producción o de los sistemas de servicios auxiliares para procesar o hervir el agua de alimentación;
- Recuperar el calor procedente de la refrigeración del mosto con el objetivo de precalentar el agua para macerar el siguiente lote. Durante el enfriamiento del mosto, es importante limitar el flujo de agua de refrigeración a aproximadamente 1,1 del flujo de mosto, empleando sistemas de refrigeración para complementar el enfriamiento cuando sea necesario. Los enfriadores de mosto deberán registrar temperaturas de aproximación parecidas (3-5 K) a las del mosto de salida y la del agua de refrigeración entrante;
- Utilizar un sistema de recuperación del calor para condensar los vapores procedentes del depósito de mosto. La energía recuperada puede emplearse como agua

<sup>2</sup> The Brewers of Europe (2002).

caliente en distintas aplicaciones, por ejemplo en la sala de embotellado como agua de alimentación de las calderas o para precalentar el agua de proceso;

- Emplear la producción de alta densidad, donde la cerveza producida supera los niveles de alcohol permitidos y se diluye hasta obtener el contenido alcohólico del producto acabado antes de su envasado;
  - Controlar y optimizar la evaporación durante el cocimiento del mosto, donde se hierve de forma deliberada entre un 6 y un 10 por ciento del mosto<sup>3</sup>. Los cambios en los requisitos de formulación pueden provocar un uso excesivo de la energía y una calidad variable del producto. El consumo de energía durante el cocimiento del mosto puede reducirse:
    - Controlando la gravedad de entrada para mantener la menor diferencia posible entre la gravedad de filtración y la gravedad específica final del mosto;
    - Controlando la gravedad durante la fase de cocimiento, evitando especialmente el cocimiento excesivo, controlando por ejemplo el tamaño de los lotes y la masa de la corriente empleada para calentar el lote;
    - Aumentando la eficiencia de la evaporación de los componentes aromatizantes no deseados incrementando el contacto superficial entre el calentador y el mosto.
  - Garantizar el efectivo aislamiento de las tuberías de vapor, agua caliente y refrigeración, depósitos, válvulas y bridas, calderas de cocimiento o piezas de estas calderas, pasteurizadores de túnel y lavadoras de botellas;
  - Especificar tasas de regeneración elevadas (>93 %) para los pasteurizadores flash, por ejemplo los empleados en el envasado y la producción de agua desgasificada; esto, a su vez, minimiza los requisitos de refrigeración;
- Limitar el uso, y sobre todo el desbordamiento, de agua caliente (ver a continuación la sección sobre consumo del agua);
  - Optimizar el calentamiento de los pasteurizadores túnel y estudiar la posibilidad de controlar las unidades de pasteurización;
  - Emplear los sistemas de cogeneración/producción combinada de calor y electricidad (CHP);
  - Optimizar el funcionamiento del sistema de refrigeración:
    - Recurriendo al enfriamiento previo a “altas temperaturas” del agua caliente (aprox. >20° Celsius (C)) empleada como agua para la elaboración de cerveza y agua desgasificada
    - Elevar la temperatura de evaporación del sistema de refrigeración tanto como sea posible. Aunque bastará con una temperatura de evaporación de entre -6°C y -8°C, los sistemas de refrigeración suelen estar diseñados para soportar temperaturas de evaporación mucho menores. Aumentar la temperatura de evaporación en 1K incrementará la capacidad refrigerante del compresor y reducirá el consumo eléctrico del sistema de refrigeración en un 3–4 por ciento
    - Diseñar y operar la fase de condensación del sistema de refrigeración a temperaturas mínimas de condensación. Una disminución del 1K en la temperatura de condensación reducirá el consumo eléctrico del sistema de refrigeración en un 2 por ciento
  - Garantizar que la presión en el sistema de aire comprimido sea lo más baja posible. Al reducir la presión de 8 a 7 bares, el consumo eléctrico descenderá en aproximadamente un 7 por ciento;
  - Optimizar el funcionamiento de los grandes motores eléctricos;

<sup>3</sup> Ibid.

- Estudiando las posibilidades de instalar reguladores de velocidad variable, especialmente en los refrigerantes secundarios y bombas de agua
- Empleando la circulación del mosto por termosifón a través del calentador de la caldera de mosto, reduciendo así la necesidad de recurrir a la circulación por bombeo

## Consumo de agua

La producción de la cerveza se caracteriza por consumir un elevado volumen de agua de buena calidad. Más del 90 por ciento de la cerveza es agua y las cervecías eficientes utilizan entre 4–7 litros (l) de agua para producir 1 litro de cerveza.<sup>4</sup> Además del agua empleada en el producto, las cervecías utilizan agua para el cocimiento y el enfriamiento, la limpieza de depósitos de envasado, la maquinaria de producción y zonas de proceso, la limpieza de vehículos y el saneamiento. Durante el cocimiento del mosto y el bagazo también se producen pérdidas de agua.

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 medio ambiente, salud y seguridad**. Las recomendaciones de consumo específico de agua para las operaciones de fabricación de cerveza incluyen:

- Limitar el agua empleada para enfriar el mosto al volumen necesario para la maceración, que suele ser de aproximadamente 1,1 veces el volumen de mosto;
- Permitir la fluctuación de los niveles de almacenamiento en los tanques de aguas recuperadas para aprovechar la capacidad de almacenamiento. Mantener los tanques llenos puede provocar desbordamientos y residuos;

- Implementar medidas de conservación del agua en los lavadores de botellas:
  - Sustituyendo antiguas lavadoras de botellas por otras más modernas y eficientes en términos de energía y agua. Las máquinas nuevas emplean mucho menos agua (por ejemplo, 0,5 hectolitros(hl)/hl de volumen de botella, frente a 3–4 hl/hl de volumen de botella)<sup>5</sup>;
  - Instalando válvulas automáticas para interrumpir el suministro de agua cuando se produce una parada en la línea;
  - Sustituyendo inmediatamente las boquillas de aclarado desgastadas o excesivamente grandes tal y como indican los programas de supervisión del agua, y empleando las boquillas de aclarado más eficaces que consuman menos agua;
  - Controlando el flujo de agua de aclarado, que a menudo supera los niveles especificados o puede variar debido a las fluctuaciones en la presión del sistema de suministro de agua;
  - Empleando agua fresca exclusivamente para las dos últimas boquillas de aclarado. Las boquillas de aclarado empleadas al principio deben reutilizar el agua de aclarado a contracorriente;
  - Empleando agua recuperada de las lavadoras de botellas en la lavadora de cajas.
- Optimizar las plantas de limpieza in situ (CIP) y procedimientos destinados a evitar las pérdidas innecesarias de agua y limpiadores químicos (por ejemplo, empleando el agua del último aclarado como primer agua de lavado en el siguiente ciclo de CIP);
- Evaluar la viabilidad del sistema de circuito cerrado empleado en el proceso de pasteurización, donde el agua vuelve a circular por la torre de refrigeración y regresa al pasteurizador túnel. Esto reduce el consumo de agua

<sup>4</sup> EC (2006).

<sup>5</sup> The Brewers of Europe (2002).

fresca en el pasteurizador túnel y compensa las pérdidas de agua provocadas por la evaporación y posibles fugas. Tratar el agua de recirculación para evitar el crecimiento de algas y microorganismos, y manejar adecuadamente el riesgo de contaminación del producto a causa del agua reciclada. Los sistemas de reciclaje pueden reducir el consumo de agua en los pasteurizadores túnel hasta un 80 por ciento;

- Instalar un tanque de recirculación conectado con las bombas de vacío empleadas en los procesos de envasado, que reciben un constante suministro de agua para reemplazar el agua descargada con aire. El tanque de recirculación puede ahorrar hasta un 50 por ciento de agua durante el funcionamiento de una bomba de vacío<sup>6</sup>;
- Recuperar el agua empleada en las fases del proceso y reutilizarla siempre que sea posible, por ejemplo para las labores de enfriamiento y aclarado.

## Aguas residuales

### *Aguas residuales de procesos industriales – Técnicas de reducción de carga*

Los contaminantes contenidos en los efluentes generados en las cervecías son principalmente sustancias orgánicas originadas durante las actividades de proceso. Los procesos de fabricación de la cerveza también generan líquidos tales como el mosto final y la cerveza residual que, en lugar de pasar a formar parte de la corriente de efluentes, pueden reutilizarse. Las principales fuentes de cerveza residual son los tanques de proceso, los filtros de tierras diatomeas, las tuberías, y la cerveza descartada y las botellas rotas en la zona de envasado<sup>7</sup>.

Pueden adoptarse las siguientes medidas de gestión preventiva para reducir la carga orgánica de los efluentes derivados de la fabricación de cerveza:

- Recoger el mosto final en un tanque equipado con camisas de calefacción y un agitador a baja velocidad para su uso en el siguiente cocimiento. Esto reduce la carga orgánica de las aguas residuales, ahorra materias primas y permite conservar el agua. La recogida del mosto final es particularmente importante en los procesos de fabricación de alta densidad<sup>8</sup>;
- Mejorar los procedimientos para reducir la cantidad de cerveza residual, tales como el vaciado de tanques, un buen mantenimiento y sistemas eficaces de seguimiento<sup>9</sup>;
- Evitar el llenado excesivo de los depósitos de fermentación, que podría provocar la pérdida de mosto y levadura parcialmente fermentados;
- Garantizar la sedimentación de agentes cáusticos en las lavadoras de botellas;
- Recoger y reutilizar el agua de aclarado procedente del último lavado durante el primer ciclo de limpieza in situ (CIP).

### *Tratamiento de aguas residuales de procesos*

Las técnicas empleadas para tratar las aguas residuales de proceso en el sector incluyen la compensación de flujo y carga; la corrección del pH; la sedimentación de sólidos en suspensión mediante el uso de clarificadores; y el tratamiento biológico. En ocasiones es necesario recurrir a la remoción de los nutrientes

<sup>8</sup> La DQO del mosto final es aproximadamente de 10,000 mg/kg. El volumen de mosto final representa un 2–6 por ciento del volumen de mosto y un 1–1,5 por ciento del mosto final es extracto. Así pues, la recogida del mosto final reduciría la carga de aguas residuales en 20–60 g DQO por hectolitro de mosto producido (The Brewers of Europe, 2002).

<sup>9</sup> La DQO de la cerveza es aproximadamente de 120.000 mg/kg, dependiendo de lo fuerte que sea la cerveza y de su contenido en alcohol. El volumen total de cerveza residual será de aproximadamente un 1–5 por ciento de la producción total (a veces, mayor). Una reducción de un 1 por ciento en la pérdida de cerveza residual que va a parar al sistema de alcantarillado reducirá la carga de aguas residuales en 120 g DQO por hectolitro de cerveza (The Brewers of Europe, 2002).

<sup>6</sup> Ibid.

<sup>7</sup> La pérdida total de cerveza suele oscilar entre el 1 y el 5 por ciento de la producción global. The Brewers of Europe (2002).

biológicos para reducir el nitrógeno y el fósforo y a la desinfección mediante la cloración, la deshidratación y la eliminación de los residuos; en algunos casos, es posible realizar la compostación o aplicación en la tierra de los residuos derivados del tratamiento de aguas residuales que presenten una calidad aceptable. Puede ser necesario implementar controles de ingeniería adicionales para contener y neutralizar los olores molestos. Las fábricas cerveceras de todo el mundo optan cada vez más por el tratamiento biológico anaerobio seguido de la aireación. Las ventajas de esta técnica son su escasísima huella, los sustanciosos ahorros en electricidad y la generación de biogás que puede emplearse para alimentar las calderas o para generar electricidad.

En las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** se explica el manejo de aguas residuales industriales y se ofrecen ejemplos de enfoques para su tratamiento. Mediante el uso de estas tecnologías y técnicas recomendadas para el manejo de aguas residuales, los establecimientos deberían cumplir con los valores para la descarga de aguas residuales que se indican en el cuadro correspondiente de la Sección 2 del presente documento para la industria gráfica.

### *Otras corrientes de aguas residuales*

En las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** 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.

### **Residuos y subproductos sólidos**

La producción de cerveza genera diversos residuos, entre otros el bagazo, que tienen un valor comercial y pueden venderse

como subproductos al sector agrícola. Las medidas de manejo recomendadas para reducir la producción de residuos sólidos e incrementar la venta de los subproductos incluyen:

- El uso óptimo de las materias primas para aumentar su rendimiento y reducir la generación de residuos sólidos y líquidos, incluidos:
  - Evitar la utilización de materias primas de baja calidad
  - Optimizar la molienda de la materia prima
  - Optimizar la filtración, incluido el lavado correspondiente del bagazo, para obtener tantos extractos como sea posible
  - La recogida y utilización del mosto final para macerar en el siguiente cocimiento
  - Optimizar la clarificación mediante el uso de un 'whirlpool', ya que una clarificación deficiente genera un elevado volumen de turbio<sup>10</sup>
  - Recuperar el mosto del turbio caliente
  - Recuperar la cerveza de la levadura excedente
  - Recogida y reutilización de la cerveza residual. La cerveza previa y posterior al tratamiento suele ser de alta calidad y puede dosificarse directamente en el flujo de cerveza a su paso por la cadena de filtración. Otros residuos de cerveza procedentes del área de envasado deben devolverse al 'whirlpool'
- Cuando sea viable, el valor comercial de las corrientes residuales deberá aprovecharse:
  - Recogiendo los bagazos procedentes de la maceración para su venta como subproductos para el consumo animal
  - Evitando la descarga de turbio caliente en el sistema de alcantarillado. El turbio caliente debe devolverse a la caldera de maceración o cuba de filtración y filtro

<sup>10</sup> Un precipitado consistente principalmente en proteínas (The Brewers of Europe, 2002).

de maceración. El turbio entra a formar parte de los bagazos y puede utilizarse como pienso animal<sup>11</sup>

- Recogiendo y reutilizando como subproducto la levadura procedente del proceso de fermentación. La levadura puede recogerse en los tanques de fermentación y almacenamiento, la planta de almacenamiento de levadura y la cadena de filtración. Sólo una parte de la levadura puede reutilizarse en el siguiente lote. Debe recogerse tanta levadura excedente como sea posible para evitar una elevada demanda química de oxígeno (DQO) en la corriente de aguas residuales y volver a venderla para usos comerciales. La levadura excedente se ha vendido tradicionalmente como alimento en las explotaciones ganaderas porcinas. Otros usos son el extracto de levadura, las cápsulas de levadura, los productos cosméticos y el uso en la industria farmacológica<sup>12</sup>
- El cristal roto reciclado procedente de las botellas devueltas sirve para producir cristal nuevo
- Eliminando la pasta de las etiquetas resultante del lavado de las botellas devueltas. Esta pasta se reciclará o compostará siempre que sea viable. La pasta del etiquetado debe eliminarse en un vertedero si contiene altos niveles de líquido cáustico procedente del proceso de lavado o de los metales pesados presentes en la tinta de la etiqueta

- La utilización de los lodos procedentes de la planta de tratamiento de aguas residuales de la cervecería mediante su aplicación como fertilizante agrícola o su eliminación en un vertedero adecuado.

## Emisiones de olores y polvo al aire

Los olores y el polvo son las emisiones al aire más destacables de la industria cervecera. Las emisiones derivadas de las fuentes de combustión empleadas para la producción de energía y en las salas de calderas se describen en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**.

### *Olores*

El proceso de cocimiento del mosto es la principal fuente de emisiones de olor procedentes de una fábrica de cerveza. Para reducir las emisiones de olor durante el cocimiento del mosto debe emplearse un sistema de recuperación de calor que recoja y condense los vapores y la energía recuperada empleada en los sistemas de proceso o sistemas de servicios auxiliares.

### *Polvo*

Las principales fuentes de emisiones de polvo son el uso y almacenamiento de cereal, azúcar y diatomea. Los ciclones y filtros de bolsa se emplean para recoger y recuperar el polvo de la siguiente manera:

- El polvo generado durante la descarga de las materias primas y transporte de la malta y los aditivos debe transportarse hasta la caldera de maceración o caldera de aditivos y el extracto recuperado;
- El polvo procedente de la malta y los aditivos puede emplearse como alimento para consumo animal.

<sup>11</sup> El valor de la DQO del turbio es aproximadamente de 150.000 miligramos por kilo (mg/kg) de turbio húmedo. El porcentaje de turbio en un 'whirlpool' que funcione bien es de un 1 a un 3 por ciento del volumen de mosto (en caso de funcionamiento deficiente, el porcentaje puede ser aún mayor), con un contenido en materia seca de entre un 15 y un 20 por ciento. La reducción de la carga de aguas residuales que puede lograrse si se trata el turbio es pues de 150–450 gramos (g) COD/hl de mosto (The Brewers of Europe 2002).

<sup>12</sup> La cantidad de este excedente y de los lodos de levadura usada es de 2–4 kg (10–15 por ciento de materia seca) por hectolitro de cerveza producida. La suspensión de levadura contiene levadura y cerveza y tiene una elevada DQO (180.000–220.000 miligramos por litro (mg/l)). Muy a menudo, la levadura (o parte de la misma) se canaliza hacia las aguas residuales. La carga total de DQO de la fábrica de cerveza se reducirá por lo tanto en aproximadamente 360–880 g DQO/hl de cerveza si toda la levadura se recoge en vez de canalizarse hacia el sistema de alcantarillado (Ibid.).



## 1.2 Higiene y seguridad ocupacional

Los riesgos que la construcción y el desmantelamiento de las plantas de fabricación de cerveza entrañan para la higiene y la seguridad en el trabajo 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 medio ambiente, salud y seguridad**. Los peligros para la higiene y seguridad ocupacional asociados con las operaciones de fabricación de cerveza incluyen:

- Riesgo de explosiones
- Exposición a riesgos de origen químico
- Riesgos físicos
- Exposición al ruido y a las vibraciones

### Riesgo de explosiones

El polvo orgánico procedente de las operaciones de almacenamiento, molturación y transporte del cereal entraña un riesgo de explosión en las zonas de la fábrica donde se realizan estas operaciones. Además de las orientaciones que contienen las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**, se recomienda adoptar las siguientes medidas para reducir los riesgos de explosión causados por el polvo:

- Barrer con frecuencia para controlar las acumulaciones de polvo y emplear los sistemas de extracción y reciclado de polvo para eliminar su presencia en las zonas de trabajo;
- Instalar sistemas de puesta a tierra, sistemas detección y prevención de chispas y, en caso necesario, sistemas de extinción;
- Utilizar motores, luces, interruptores y conexiones resistentes a las explosiones en zonas de alto riesgo;
- Integrar los respiradores de explosión en el diseño y construcción de las instalaciones;
- Eliminar las fuentes externas de ignición;

- Extender permisos para el trabajo a altas temperaturas;
- Controlar todos los materiales que puedan generar humo;
- Prohibir el uso de teléfonos móviles.

### Exposición a sustancias químicas

#### *Fugas de refrigerante*

Las fábricas de cerveza cuentan a menudo con grandes sistemas de refrigeración que suelen emplear refrigerante de amoníaco, que además de ser tóxico puede formar parte de mezclas explosivas en la atmósfera. Deben adoptarse las guías sobre seguridad y otras que ofrecen las instituciones profesionales dedicadas a la refrigeración<sup>13</sup> en los emplazamientos, diseño, mantenimiento y funcionamiento de los sistemas de refrigeración.

#### *Asfixia*

El dióxido de carbono se genera durante los procesos de fermentación y maduración, el dióxido de carbono puede recuperarse, y tanto el dióxido de carbono como el nitrógeno se almacenan y utilizan en muchos procesos de fabricación de cerveza que requieren atmósferas inertes. El vertido incontrolado de estos gases o una ventilación inadecuada, especialmente en lugares confinados o cerrados como las salas de fermentación y maduración, pueden provocar una acumulación de concentraciones suficientes para plantear un riesgo de asfixia. Se desarrollarán las medidas de seguridad adecuadas con base en la evaluación de riesgos, lo que podría incluir una mejora en el sistema de ventilación, guías sobre trabajo seguro en espacios cerrados ya descritas en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**, y el uso de detectores personales de gas en zonas de alto riesgo. La exposición a otras sustancias químicas suele darse en

<sup>13</sup> Por ejemplo el British Institute of Refrigeration ([www.iior.org.uk](http://www.iior.org.uk)) publica guías sobre el diseño seguro de los sistemas de refrigeración de amoníaco (entre otros), el manejo seguro de refrigerantes, etc. Para más recomendaciones sobre la refrigeración, véase ASHRAE ([www.ahsrae.com](http://www.ahsrae.com)) y el International Institute of Refrigeration ([www.iifir.org](http://www.iifir.org)).

actividades de manejo de sustancias químicas relacionadas con la limpieza, desinfección y mantenimiento de zonas de proceso, tuberías y depósitos. Las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** contienen recomendaciones para manejar la exposición a sustancias químicas.

## Riesgos físicos

Los riesgos físicos incluyen el riesgo de caídas al mismo nivel a causa de superficies resbaladizas, el uso de maquinaria y herramientas, el manejo de botellas de cristal y los choques con vehículos de transporte interno tales como carretillas elevadoras. Moledoras, mezcladores, trituradoras, tornillos agitadores y transportadores constituyen un peligro potencial y pueden atrapar dedos, cabello y ropa. Las lesiones oculares constituyen un riesgo específico, particularmente durante las operaciones de embotellado. Las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** proporcionan orientación sobre condiciones generales en el lugar de trabajo, incluyendo el diseño y mantenimiento de superficies de trabajo y tránsito para prevenir los resbalones y las caídas, además de seguridad en la maquinaria y dispositivos de seguridad, y el uso de un equipo de protección personal (EPP) adecuado.

### *Lesiones ocasionadas por el levantamiento y transporte de peso, labores repetitivas y posturas*

Las actividades en las fábricas de cerveza pueden exponer a los trabajadores al riesgo de lesiones derivadas por lo general del levantamiento y transporte manual de pesos (por ejemplo, cajas de botellas), tareas repetitivas (como el envasado o la limpieza) y malas posturas de trabajo provocadas por un diseño inadecuado del puesto de trabajo y de las actividades de proceso. Las medidas de manejo recomendadas para reducir este tipo de lesiones se presentan en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**.

### *Polvo*

La inhalación de polvo constituye un riesgo para la higiene y la seguridad en el trabajo, especialmente en las áreas donde se manejan grano seco, levadura y diatomea. Deben respetarse las medidas de mitigación de riesgos descritas en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**.

### *Sistemas de gas a presión*

Las actividades de proceso en las cervecerías implican el uso de gases a presión como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el nitrógeno, los refrigerantes y el aire comprimido. Todos estos gases representan un riesgo provocado por la presurización y roturas en los tanques, congelaciones causadas por el CO<sub>2</sub>, el nitrógeno y los refrigerantes, y lesiones físicas ocasionadas por los cilindros y tuberías mal manipulados o deteriorados. Las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** contienen medidas recomendadas para el manejo de tanques de gas a presión y otros dispositivos de fijación.

## Exposición al ruido y a las vibraciones

Los trabajadores de las fábricas de cerveza pueden estar expuestos al ruido provocado durante el transporte de materias primas y productos acabados, así como al ruido de la maquinaria empleada durante el proceso y para el suministro de servicios auxiliares. Las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** contienen recomendaciones para manejar la exposición al ruido y a las vibraciones, incluido el uso de EPP adecuado.

## 1.3 Higiene y seguridad en la comunidad

Los problemas de higiene y salud comunitaria para las cervecerías son comunes a los de otras instalaciones industriales y se describen en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**.

## Impacto y gestión de la seguridad de producto

Las operaciones en las fábricas de cerveza deben ajustarse a las normas de seguridad alimentaria aceptadas internacionalmente y a los principios y prácticas del Análisis de Riesgos y Puntos de Control Determinantes (HACCP, por sus siglas en inglés)<sup>14</sup> y el Codex Alimentarius<sup>15</sup>. 2.0 Indicadores y seguimiento del desempeño.

## 2.0 Indicadores y seguimiento del desempeño

### 2.1 Medio ambiente

#### Guías sobre emisiones y efluentes

El Cuadro 1 contiene las guías sobre efluentes para la industria cervecera. 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. 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 se deben lograr, sin dilución, al menos el 95% del tiempo que opera la planta o unidad, calculado como proporción de las horas de operación anuales. El incumplimiento de estos niveles

<sup>14</sup> ISO (2005).

<sup>15</sup> La FAO y la OMS (1962–2005).

debido a las condiciones de determinados proyectos locales se debe justificar en la evaluación ambiental correspondiente.

Las guías sobre efluentes se aplican a los vertidos directos de efluentes tratados a aguas superficiales de uso general. Podrán establecerse niveles de descarga específicos del emplazamiento con base en la disponibilidad y condiciones de uso de los sistemas de alcantarillado y tratamiento públicos. En caso de verterse directamente en aguas superficiales, los niveles de descarga deben basarse en la clasificación de uso de las aguas receptoras, descrita en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**.

Las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** contienen directrices sobre las emisiones generadas por la combustión y asociadas con la generación de vapor y electricidad a partir de fuentes cuya capacidad de carga calorífica es igual o inferior a los 50 megavatios (MWth). Las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad para Energía Térmica** abordan las emisiones procedentes de grandes fuentes de alimentación. En las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** se proporciona orientación sobre cuestiones ambientales teniendo en cuenta la carga total de emisiones.

Cuadro 1. Niveles de efluentes para la industria cervecera		
Contaminantes	Unidades	Valor indicativo
pH	pH	6 – 9
DBO5	mg/L	25
DQO	mg/L	125
Total de nitrógeno	mg/L	10
Total de fósforo	mg/L	2
Aceite y grasa	mg/L	10
Total de sólidos en suspensión	mg/L	50
Aumento de temperatura	°C	<3 <sup>b</sup>

Total de bacterias coliformes	MPN <sup>a</sup> / 100 ml	400
Ingredientes activos / Antibióticos	A determinar en cada caso	
Notas: <sup>a</sup> NMP = Número Más Probable <sup>b</sup> Al borde de una zona de mezcla científicamente establecida que toma en cuenta la calidad del agua ambiente, el uso del agua receptora, los receptores potenciales y la capacidad de asimilación.		

Electricidad	kWh/hl	7.5–11.5
Total de energía	MJ/hl	100-160
<b>Agua <sup>a</sup></b>		
Consumo de agua	kg/hl cerveza	4 - 7
Notas: <sup>a</sup> Cifras de insumos y producto para grandes cervecerías alemanas (con capacidad superior a 1 millón de hl de cerveza) CE (2006)		

## Cuadro 2. Generación de subproductos y residuos

Residuos por unidad de producto	Unidad	Valor indicativo
<b>Subproductos <sup>a</sup></b>		
Bagazo	kg/hl cerveza	16-19
Levadura y lías		1.7 - 2.9
Kieselguhr		0.4 – 0.7
<b>Residuos líquidos</b>		
Efluentes líquidos	kg/hl cerveza	3 – 6
Pérdida de cerveza	%	1 - 5
Notas: <sup>a</sup> Cifras de insumos y producto para grandes cervecerías alemanas (con capacidad superior a 1 millón de hl de cerveza) CE (2006)		

## Uso de los recursos

Los cuadros 2 y 3 contienen ejemplos de producción de residuos y subproductos e indicadores de consumo de energía y agua en las fábricas de cerveza eficientes. Los valores de referencia de la industria se consignan únicamente con fines comparativos, y cada proyecto debería tener como objetivo lograr mejoras continuas en estas áreas.

## Cuadro 3. Consumo de energía y agua

Residuos por unidad de producto	Unidad	Valor indicativo
<b>Energía <sup>a</sup></b>		
Calor	MJ/hl	85–120

## 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 medio ambiente, salud y seguridad** contienen orientaciones adicionales sobre los métodos de muestreo y análisis de emisiones y efluentes.

## 2.2 Higiene y seguridad ocupacional

### Guía sobre higiene y seguridad ocupacional

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<sup>®</sup>) y los índices biológicos de exposición (BEIs<sup>®</sup>)

publicados por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)<sup>16</sup>, la Guía de bolsillo sobre riesgos químicos publicada por el Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo de los Estados Unidos (NIOSH)<sup>17</sup>, los límites permisibles de exposición publicados por la Administración de Seguridad e Higiene en el Trabajo de los Estados Unidos (OSHA)<sup>18</sup>, los valores límite indicativos de exposición profesional publicados por los Estados miembros de la Unión Europea<sup>19</sup> 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 Laborales de los Estados Unidos y el Comité Ejecutivo de Salud y Seguridad del Reino Unido)<sup>20</sup>.

### Seguimiento de la higiene y la seguridad ocupacional

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 acreditados<sup>21</sup> 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 medio ambiente, salud y seguridad** contienen orientaciones adicionales sobre los programas de seguimiento de la higiene y la seguridad en el trabajo.

<sup>16</sup> Disponibles en: <http://www.acgih.org/TLV/> y <http://www.acgih.org/store/>

<sup>17</sup> Disponible en: <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>

<sup>18</sup> Disponibles en:  
[http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDARDS&p\\_id=9992](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992)

<sup>19</sup> Disponibles en: [http://europe.osha.eu.int/good\\_practice/risks/ds/oel/](http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/)

<sup>20</sup> Disponibles en: <http://www.bls.gov/iif/> y  
<http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm>

<sup>21</sup> 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

Comisión Europea. 2006. Oficina Europea de Prevención y Control Integrados de la Contaminación (EIPPCB). Documento de referencia sobre las mejores técnicas disponibles (BAT) en las Industrias de Alimentación, Bebidas y Leche. Sevilla: EIPPCB. Disponible en: <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>

Curtin University of Technology, Centre of Excellence in Cleaner Production (CECP). 2002. Swan Brewery: Water and Energy Efficiency. Western Australia Case Studies. Perth: CECP. Disponible en: <http://cleanerproduction.curtin.edu.au/cecp/cecpcasestudyhome.htm>

Dansk Standard. 2004. DS/OHSAS 18001:2004. Occupational health and safety management systems – Specification. 1 udgave. 2004–11-08. Copenhagen: Dansk Standard.

Health and Safety Commission (HSC). 2005a. Food Manufacture – Beer, Spirit and Soft Drink Manufacture. Injury Rate Comparison. Londres: National Statistics. Disponible en: <http://www.hse.gov.uk/food/drink.htm>

HSC. 2005b. Health and Safety Statistics 2004/05. Londres: National Statistics. Disponible en: <http://www.hse.gov.uk/statistics/overall/hssh0405.pdf>

HSC. 2005c. Rates of reported fatal injury to workers, non fatal injuries to employees and LFS rates of reportable injury to workers in manufacturing. Londres: National Statistics. Disponible en: <http://www.hse.gov.uk/statistics/industry/manufacturing-ld1.htm#notes>

HSC. 2005d. Statistics of fatal injuries 2004/05. Fatal injuries to workers in manufacturing. Londres: National Statistics. Disponible en: [www.hse.gov.uk/statistics/overall/fatl0405.pdf](http://www.hse.gov.uk/statistics/overall/fatl0405.pdf)

Indian Environmental Protection Agency (EPA). 1992. Central Pollution Control Board (CPCB). Notification May 5, 1992. 27.0 Fermentation Industry: Wastewater Discharge Standards (Distilleries, Maltries & Breweries). Delhi: Indian EPA. Disponible en: <http://www.cpcb.nic.in/standard27.htm>

Irish Environmental Protection Agency (EPA). 1996. Best Available Technology Not Entailing Excessive Costs (BATNEEC) Guidance Note for Malting, Brewing & Distilling. Co. Wexford: Irish EPA. Disponible en: <http://www.epa.ie/TechnicalGuidanceandAdvice/GuidanceDocuments/>

Organización Internacional para la Estandarización (ISO). 2005. ISO 22000: 2005: Sistemas de gestión en materia de seguridad alimentaria – Requisitos para cualquier organización en la cadena alimentaria. Ginebra: ISO. Disponible en: [www.bulltek.com/Spanish\\_Site/ISO%209000%20INTRODUCCION/HACCP/iso\\_22000\\_sp/iso\\_22000\\_sp.html](http://www.bulltek.com/Spanish_Site/ISO%209000%20INTRODUCCION/HACCP/iso_22000_sp/iso_22000_sp.html)

Organización Internacional para la Estandarización (ISO). 2004a. ISO 14001: 2004: Sistemas de Gestión Ambiental - Requisitos con orientación para su uso. Ginebra: ISO. Disponible en: <http://www.iso.org>

Organización Internacional para la Estandarización (ISO). 2004b. ISO 9001: 2000: Sistemas de Gestión de la Calidad. Ginebra: ISO. Disponible en: <http://www.iso.org>

Oficina de Estadísticas Laborales de Estados Unidos (US BLS). 2004a. Census of Fatal Occupational Injuries Charts, 1992–2004. Number and rate of fatal occupational injuries by private industry sector, 2004. (Tabla página 10). Washington DC: BLS. Disponible en: <http://www.bls.gov/iif/oshwc/cfoi/cfch0003.pdf>

Oficina de Estadísticas Laborales de Estados Unidos (US BLS). 2004b. Industry Injury and Illness Data – 2004. Supplemental News Release Tables. Table SNR05: Incident rate and number of nonfatal occupational injuries by industry, 2004. Washington D.C.: BLS. Disponible en: <http://www.bls.gov/iif/oshwc/osh/os/ostb1479.pdf>

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 1996. División de Tecnología, Industria y Economía (DTIE). Cleaner Production in Breweries: A Workbook for Trainers. First Edition. Paris: UNEP. Disponible en: [http://www.uneptie.org/pc/cplibrary/catalogue/cp\\_training.htm](http://www.uneptie.org/pc/cplibrary/catalogue/cp_training.htm)

Thailand Ministry of Natural Resources, Science and Environment. Pollution Control Department (PCD). 1996. Water Quality Standards: Industrial Effluent Standards. Bangkok: PCD. Disponible en: [http://www.pcd.go.th/info\\_serv/en\\_reg\\_std\\_water04.html#s1](http://www.pcd.go.th/info_serv/en_reg_std_water04.html#s1)

The Brewers of Europe. 2002. Guidance Note for Establishing BAT in the Brewing Industry. Octubre de 2002. Bruselas: Brewers of Europe. Disponible en: <http://www.brewersofeurope.org/asp/publications/publications.asp>

## **Anexo A: Descripción general de las actividades de la industria**

La cerveza es una bebida de bajo contenido en alcohol producida mediante la fermentación de azúcares obtenidos a partir de distintos tipos de cereales. Existe una amplia gama de cervezas que se diferencian en función de las materias primas utilizadas, y la concentración, sabor y envasado del producto final. Cada cervecería suele tener su propio producto y mezclador.

Los métodos de producción difieren de una fábrica a otra, así como dependiendo de tipo de cerveza, equipo utilizado y legislación nacional. Históricamente, la cerveza se fabrica a partir de cebada malteada. Sin embargo, existe una tendencia a emplear más otro tipo de cereales, y las grandes cervecerías cada vez utilizan más maíz y arroz. El azúcar se extrae del cereal en el agua, se le añade lúpulo y a continuación se cuece la mezcla. Una vez enfriada, la mezcla se fermenta con levadura para producir alcohol. Esta cerveza cruda se madura y envasa. Algunas cervezas se filtran y pasteurizan.

### **Almacenamiento y manipulación de las materias primas**

Las materias primas empleadas en la producción de cerveza incluyen normalmente cereales (malta de cebada, arroz o maíz), lúpulos, agua y levadura. Durante el proceso de maltaje se convierte el almidón en el cereal en azúcar de fermentación que se extrae de la malta durante la fase de maceración. Los extractos del lúpulo se emplean como conservante y añaden amargor a la solución azucarada. La levadura convierte los azúcares en alcohol durante la fermentación. Las operaciones de fabricación de cerveza requieren calor y frío, agentes limpiadores y materiales de envasado.

### **Producción de mosto**

El cereal suministrado se pesa, transporta, limpia y almacena en silos hasta emplearse en la producción de mosto. Las actividades de limpieza y trituración / molturación están diseñadas para preparar el cereal para la maceración. El proceso de elaboración de la cerveza comprende las fases de maceración, filtrado y cocimiento del mosto.

#### *Molturación*

El cereal se tritura para producir una mezcla de harina y cascabillos denominados malta molida. La finura de la malta molida refleja el equilibrio entre el máximo rendimiento en extracto, la tecnología seleccionada y la capacidad para filtrar el mosto. Las zonas de manejo de cereales deben diseñarse para controlar la producción excesiva de polvo y minimizar las fuentes de ignición, incluidas las chispas, para prevenir las explosiones.

#### *Maceración*

Una vez molida, la malta se mezcla con agua caliente para formar una "masa de malta" que se deja reposar durante el proceso conocido como maceración. La finalidad de la maceración es obtener un alto rendimiento en extracto fermentable a partir de la malta molida y suplementos mediante su extracción del agua de cocimiento. Este extracto se denomina "mosto". Sólo una mínima proporción del extracto se obtiene una vez disuelto, mientras que el resto se extrae mediante la descomposición enzimática de sustancias insolubles complejas en sustancias simples solubles en agua. Para obtener un extracto óptimo, deben controlarse cuidadosamente parámetros físicos tales como la temperatura, el pH y el tiempo de maceración.

### *Filtración de la masa de malta*

El mosto se separa de la porción sólida de la masa de malta, conocida como "bagazo de cerveza" obtenido por filtración. El proceso se conoce como filtrado y tiene lugar en una cuba de filtración o filtro de mosto a una temperatura que oscila entre los 75°C y los 78°C<sup>22</sup>. Después del filtrado, los bagazos se descargan en silos y suelen venderse a los agricultores como alimento para el ganado. El bagazo de cerveza de las cubas de filtración tiene un contenido en materia seca del 19–22 por ciento, mientras que los presentes en los filtros de mosto tienen un contenido en materia seca del 35–40 por ciento. El mosto restante en la cuba de filtración tendrá un bajo contenido en extracto y se denomina "mosto" final.

### *Cocimiento del mosto*

Después de eliminar los bagazos, el mosto se transfiere a la caldera de cocimiento. En esta caldera, el mosto se calienta hasta alcanzar el punto de ebullición, añadiéndose entonces los lúpulos. El mosto se cuece durante 1-1,5 horas con una intensidad del 5–8 por ciento de evaporación de volumen de colada<sup>23</sup> por hora. La evaporación total se sitúa generalmente en torno al 6–10 por ciento. El calentamiento y cocimiento del mosto son labores extremadamente intensivas en términos de energía.

### *Clarificación y enfriamiento del mosto*

Concluido el cocimiento, el mosto se limpia, normalmente pasándolo por un tanque "whirlpool" que separa el mosto limpio de los sólidos residuales conocidos como turbio. Después de la clarificación, el mosto se enfría a "temperatura de siembra" (la temperatura a la que el mosto enfriado entra en el depósito de fermentación) en un recuperador de calor (el "refrigerador de mosto") con agua fría. El enfriamiento del mosto se lleva a cabo

con una cantidad de agua de refrigeración alrededor de 1,1 mayor que el volumen de mosto. El agua caliente (de 75°C a 85°C) procedente del refrigerador de mosto se recoge y utiliza como agua de cocimiento para el siguiente lote. La descarga de sustancias orgánicas (turbio) puede producirse durante el proceso de clarificación.

### *Fabricación de cerveza de alta densidad*

La fabricación de cerveza de alta densidad se emplea a menudo para producir mosto a concentraciones de extracto suficientes para, una vez completada la fermentación, obtener una cerveza con un mayor contenido en alcohol que la cerveza disponible para venta. La concentración apropiada para la venta se obtiene diluyendo el agua desgasificada apta para la fabricación de cerveza. Esta técnica supone ahorrar en energía, dado que el agua de dilución no se calienta durante los procesos de maceración y cocimiento del mosto. Asimismo, permite producir en la sala de cocimiento y en los tanques de fermentación una cantidad de cerveza mayor de la habitual a concentraciones permitidas para la venta.

### **Fermentación y maduración**

Una vez enfriado el mosto a temperaturas de siembra, se añade oxígeno. El mosto se bombea entonces en los depósitos de fermentación (DF) donde se añade la levadura, dando paso a la fase de fermentación. Durante esta fase, la levadura transforma el azúcar presente en el mosto en alcohol y dióxido de carbono. El proceso de fermentación es exotérmico, y deben controlarse cuidadosamente las temperaturas en función de las necesidades del proceso, que suelen variar dependiendo de la naturaleza del producto y de la región productora. La duración de la fermentación viene determinada por la fórmula del producto. El dióxido de carbono producido durante la fermentación puede recogerse para emplearse en distintos procesos para la elaboración de la cerveza.

<sup>22</sup> The Brewers of Europe (2002).

<sup>23</sup> Ibid.



La fermentación se interrumpe mediante el rápido enfriamiento de los DF, cuando la levadura se recoge y bombea hasta el tanque de almacenamiento. La fermentación genera más levadura de la que suele necesitarse para el siguiente lote. Por consiguiente, parte de la levadura recogida se elimina, siendo empleada con frecuencia como alimento de consumo animal.

Una vez fermentada, la cerveza se bombea a los tanques de maduración en condiciones controladas de temperatura durante varias semanas.

## Procesamiento de la cerveza

### *Filtración*

Una vez terminada la maduración, la mayor parte de la cerveza se filtra para eliminar la levadura restante para obtener "cerveza filtrada" que contiene los niveles de claridad especificados y una mayor vida en almacenamiento. La filtración se produce en un filtro de tierras diatomeas que emplea filtros de tela, de bujías o de mallas. La diatomea usada puede emplearse en agricultura, volverse a procesar o como material de construcción. Después de la filtración, la cerveza se almacena en "tanques de cerveza filtrada", lista para envasar en la sala de embotellado.

### *Carbonatación*

La cerveza puede carbonatarse antes enviarse a los tanques de cerveza filtrada. El gas nitrógeno también puede emplearse en pequeñas cantidades para aumentar la potencia de la espuma.

### *Dilución*

La cerveza de alto contenido en alcohol procedente de la fabricación de alta densidad se diluye hasta alcanzar la concentración del producto final con agua desgasificada apta para la fabricación de cerveza antes de proceder al envasado.

### *Limpieza in situ (CIP)*

Es importante mantener limpios y desinfectados todos los equipos y tuberías implicados en los procesos. La limpieza se realiza con sistemas CIP, en que los agentes limpiadores circulan por los equipos o pulverizan la superficie de los tanques. Los agentes limpiadores son la sosa cáustica o el ácido. La limpieza y desinfección de los equipos de fabricación de cerveza pueden requerir cantidades sustanciales de energía, agua, agentes limpiadores y desinfectantes. El diseño de sistemas de CIP puede variar notablemente, desde los sistemas más sencillos en que se prepara y bombea un lote de soluciones limpiadoras en el sistema, drenándose, a sistemas plenamente automatizados compuestos de tanques de agua y soluciones limpiadoras que facilitan la reutilización de ciertas cantidades de agua y soluciones limpiadoras.

## Operaciones de envasado

La cerveza se bombea de los tanques de cerveza filtrada y después de su dilución hasta obtener la concentración permitida para la venta se introduce en botellas, latas y barriles en la zona de envasado. Durante estas operaciones, es importante proteger la cerveza del contacto con el oxígeno y de la pérdida de carbonatación. Las cadenas de envasado pueden contar con distintos materiales de envasado y niveles de automatización, y producen normalmente elevados niveles de ruido.

### *Lavado y control de botellas*

Las botellas devueltas se clasifican electrónicamente. Las botellas foráneas se devuelven a sus respectivos fabricantes o se trituran y envían para reciclar. Tras su clasificación, las botellas se envían a una lavadora de botellas donde se eliminan las impurezas internas y externas. Las operaciones de lavado de botellas incluyen la puesta en remojo y lavado, la esterilización a altas temperaturas y el aclarado. Las lavadoras de botellas consumen grandes cantidades de energía, agua y

sosa cáustica. Se descargan cantidades considerables de aguas residuales y los efluentes resultantes tienen una alta carga orgánica. Una vez lavada la botella, se inspecciona para comprobar daños y suciedad residual.

### *Llenado de botellas*

Las botellas se transportan por cintas transportadoras desde las lavadoras hasta la máquina de llenado. Las botellas se llenan a presión de acuerdo con la cantidad de dióxido de carbono disuelto en la cerveza. Una importante función de la máquina de llenado es impedir el contacto del oxígeno con la cerveza. Las botellas se sellan inmediatamente después de llenarse (normalmente con tapones corona) y se comprueba el volumen de llenado. Las botellas selladas se transportan a continuación hasta el túnel de pasteurización.

### *Llenado de latas*

El llenado de latas se basa en los mismos principios que el llenado de botellas. Dado que pesan menos, es necesario transportar las latas con cuidado para garantizar la distancia entre ellas de forma constante. Además, debe prestarse especial atención al grosor de las paredes de la lata y a la escasa estabilidad que resulta del mismo. Las cadenas de llenado consumen grandes cantidades de electricidad. En la cadena de llenado pueden producirse pérdidas de cerveza, lo que eleva la carga orgánica del efluente.

### *Pasteurización*

La cerveza suele pasteurizarse para destruir las levaduras y otros microorganismos que queden vivos y así prolongar su vida en almacenamiento. Para la pasteurización se emplean dos métodos alternativos:

- En el túnel de pasteurización, la cerveza se pasteuriza en botellas o latas (es decir, la cerveza y el contenedor se pasteurizan como una unidad montada cerrada);

- La pasteurización rápida utiliza un recuperador de calor para pasteurizar la cerveza antes de llenar los barriles.

### *Etiquetado*

Después de la pasteurización continua (túnel), las botellas se transportan hasta la etiquetadora. Los aglutinantes de almidón o proteína se utilizan como agentes adhesivos para garantizar que las etiquetas se despeguen fácilmente durante la limpieza de las botellas devueltas. Las cadenas de etiquetado consumen grandes cantidades de electricidad. Asimismo, pueden provocar altos niveles de ruido.

### *Envasado*

Las botellas y las latas se colocan en cajas, cartones y otras clases de contenedores para su transporte paletizado. Los barriles se transportan en paletas.

### **Servicios auxiliares**

Los procesos de elaboración de la cerveza registran una elevada demanda de energía para calentar y refrigerar, además de un alto consumo de agua. Por consiguiente, las plantas que suministran servicios auxiliares constituyen un factor clave en este sector. Los procesos de elaboración de la cerveza se abastecen de calor procedente de una planta de calderas de vapor. Los sistemas centrales de refrigeración con amoníaco suelen llevar a cabo el proceso de refrigeración, el amoníaco u otro fluido secundario (por ejemplo, agua fría, salmuera o glicoles) circulan hasta los puntos donde se requiere la refrigeración. El aire comprimido se emplea principalmente para los instrumentos, accionadores, presurización de tanques, y en ocasiones para el transporte de los bagazos.

### *Planta de tratamiento del agua*

Por lo general, las fábricas de cerveza obtienen el agua de pozos o tomas de superficie en lagos o ríos, y utilizan aguas de

distinta calidad, como por ejemplo, agua apta para la fabricación de cerveza para la maceración, agua de cocimiento desgasificada para la dilución, agua descalcificada para el suministro de servicios auxiliares y pasteurizadores túnel, agua de lavado, etc. Por este motivo, las fábricas disponen a menudo de sofisticadas instalaciones para el tratamiento del agua.

### *Planta de recuperación de CO<sub>2</sub>*

El CO<sub>2</sub> generado durante el proceso de fermentación puede recogerse, limpiarse y almacenarse antes de utilizarse en el proceso. El CO<sub>2</sub> es necesario para llevar a cabo la carbonatación y proporcionar la atmósfera inerte necesaria para el proceso.

### *Generación de nitrógeno*

Las fábricas de cerveza pueden emplear nitrógeno, en lugar de CO<sub>2</sub>, para crear atmósferas inertes. El nitrógeno puede generarse en el propio emplazamiento, canalizando el aire de la atmósfera mediante una técnica de separación térmica o por membrana o bien suministrarse a granel desde fuentes externas.

### *Suministro de electricidad*

La mayor parte de las fábricas de cerveza compran electricidad de la red nacional, aunque algunas emplean plantas de cogeneración/generación combinada de calor y electricidad (CHP) que producen tanto electricidad como calor/vapor.

*Gráfico A.1: Proceso de la cadena de suministro para la producción de cerveza*

**Proceso**

