



Calidad del aire

Guía de Trabajo





VISIÓN

Ser la mejor organización de educación superior posible para unir personas e ideas que buscan hacer realidad sueños y aspiraciones de prosperidad en un entorno incierto

MISIÓN

Somos una organización de educación superior que conecta personas e ideas para impulsar la innovación y el bienestar integral a través de una cultura de pensamiento y acción emprendedora.

Universidad Continental

Material publicado con fines de estudio

Código: ASUC01162



Presentación

El aire es el recurso que necesitamos de manera más inmediata por lo que la contaminación atmosférica tiene una enorme trascendencia. La peligrosidad de estos fenómenos explica la necesidad de un control estricto de las emisiones de sustancias que puedan ser responsables de los mismos, de sus niveles en el medio ambiente, y de la vigilancia en el entorno.

Los contenidos generales que la asignatura desarrolla son los siguientes: Gestión y regulación ambiental de la calidad del aire, Dispersión de contaminantes atmosféricos, Control de material particulado y Control de emisiones en fuentes móviles y fijas.



Índice

VISIÓN	2
MISIÓN	2
Presentación.....	3
Índice	4
Primera unidad.....	5
Semana 2.....	5
Segunda unidad.....	7
Semana 5.....	7
Tercera unidad.....	11
Semana 6.....	11
Cuarta unidad.....	14
Semana 13.....	14
Referencias.....	16



Primera unidad

Semana 2

Sección:	Apellidos :
Docente :	Nombres :
Unidad : Unidad 1	Fecha:/...../..... Duración: 90 min

Instrucciones: revisar conceptos básicos de química.

I. Propósito de la clase:

El estudiante será capaz de realizar cálculos básicos de contaminantes atmosféricos.

II. Descripción de la actividad a realizar (Resolver problemas)

Al realizar esta actividad el estudiante recordará algunos conceptos básicos tanto químicos como numéricos necesarios para abordar los problemas de las siguientes unidades.

III. Procedimientos

1. Leer detenidamente el problema para extraer los datos
2. Realizar los cálculos aplicando los criterios de cálculo adecuados

IV. Temas

Ejercicios propuestos

- 1) La concentración media de NO_2 en una estación de control de la contaminación atmosférica, que se encuentra a 14°C y a una presión total del aire de 782mmHg , es de $980\ \mu\text{g}/\text{m}^3$. Expresar dicha concentración en ppm.
- 2) Una central eléctrica quema $3\ 800\ \text{t}/\text{día}$ de carbón para la producción de energía eléctrica. Si el carbón empleado contiene $1,2\%$ de azufre. Calcular:
 - a) La cantidad de SO_2 (en toneladas) emitida a la atmósfera en un año.
 - b) La cantidad de SO_2 (en toneladas) emitida a la atmósfera en un año, si la central dispone de un sistema de depuración que permite reducir en un 78% las emisiones de SO_2 .
- 3) Una estufa averiada emite $23,42\ \text{l}$ de gases cada minuto, con un contenido de monóxido de carbono de $2,24\ \text{mg}/\text{l}$. Considerando que la emisión de CO es constante e independiente de la concentración de oxígeno, determinar cuál será la concentración de CO en la habitación al cabo de $10\ \text{h}$, expresada en



mg/m³ y en ppm, sabiendo que la habitación tiene una altura de 2,4m, por 3,2 m de ancho y 4,7 m de largo y se encuentra a 29°C y 752 mmHg.



Segunda unidad

Semana 5

Sección:	Apellidos :
Docente :	Nombres :
Unidad : Unidad 2	Fecha:/...../..... Duración: 180 min

Instrucciones: Descargar las tablas de factores emisión publicados por la OMS.
Assessment of sources of air, water, and land pollution : a guide to rapid source inventory techniques and their use in formulating environmental control strategies / by Alexander P. Economopoulos

I. Propósito: desarrollar la actividad sobre factores de emisión y estimación de emisiones

II. Descripción de la actividad a realizar

Factores de emisión y estimación de emisiones

Los Factores de Emisión (FE) son una herramienta usada para la estimación de emisiones en la fuente. Están expresadas en cantidad de contaminante sobre alguna unidad de la actividad. La unidad de la actividad puede ser cantidad de combustible usado, cantidad de producto generado, cantidad de energía generada, etc.

Los FE sirven para desarrollar inventarios de emisiones. Un inventario de emisiones es utilizado para cuantificar las diferentes sustancias químicas, formas de energía y agentes biológicos liberados a la atmósfera los cuales son definidos por la autoridad competente como contaminantes, caso contrario identificar a aquellos que son característicos de determinada actividad.

$$E = A (FE)$$

E = Emisión del contaminante

A= Dato de la actividad

FE = Factor de emisión (tablas)



III. Procedimientos

- Uso de tablas de Factores de emisión

IV. Temas

Ejemplo de cálculo

Se desea construir una instalación para producir harina de trigo. La instalación considera un molino para procesar 10.5 t de trigo diarios. Estime las emisiones de PTS en kg/día comparando una planta sin control y una planta controlada por ciclones.



N.º CIU	PROCESO	UNIDAD (U)	PST kg/U	SO ₂ kg/U	NO _x kg/U	CO kg/U	COV kg/U
3114 Procesamiento de pescado (enlatado y fabricación de subproductos)							
	Secadoras de vapor con tubos	t	2,5				H ₂ S 0,05
	Secadoras de fuego directo	t	4,0				H ₂ S 0,05
3116 Molinos de granos							
	Molinos forrajeros, no controlados	t	4,9				
	Molinos de trigo						
	No controlados	t	38,0				
	Ciclones y filtros textiles	t	0,8				
	Molinos de trigo duro, no controlados	t	3,0				
	Molinos de centeno						
	No controlados	t	38,0				
	Ciclones y filtros textiles	t	0,8				
	Molinos de avena, no controlados	t	1,25				
	Molinos de arroz, no controlados	t	2,97				
	Molinos de soya, no controlados	t	11,73				
	Molienda de maíz seco, no controlada	t	6,25				
	Molienda de maíz húmedo, no controlada	t	6,24				

Dato de la actividad

$$A = \frac{10,5 \text{ t}}{\text{día}}$$

Factor de Emisión para PST sin control

$$FE = \frac{38 \text{ kg PST}}{t}$$

Factor de Emisión para PST con ciclón

$$FE = \frac{38 \text{ kg PST}}{t}$$

Cálculo de la Estimación E



$$\text{Sin control} \quad \frac{10.5t}{\text{dia}} \left(\frac{38 \text{ kg PST}}{t} \right) = 399 \text{ kg/dia}$$

$$\text{Con control} \quad \frac{10.5 t}{\text{dia}} \left(\frac{0.8 \text{ kgPST}}{t} \right) = 8.4 \text{ kg/dia}$$

Problemas propuestos

1. Estime las emisiones fugitivas en t/año de un aserradero que procesa 8 t/día de troncos de madera. Use la tabla de FE de la OMS.
2. Calcule todas las emisiones generadas en t/año de un horno domestico que consume 1917 kg/h de GLP cuya densidad es de 0.518 g/cm³. Use la tabla de FE de la OMS
3. Por la chimenea de una fábrica de abonos nitrogenados salen gases residuales a un caudal de 930 m³/h.
Dicha instalación utiliza como combustible 20000 m³/día de un gas natural cuya densidad es de 0,75 g/L. Si el factor de emisión para los óxidos de nitrógeno es de 3 kg NO_x/t de gas natural, calcular las t/año de NO y NO₂ ; si el 90% en peso de los NO_x generados corresponden a monóxido de nitrógeno (NO).
4. Estimar las emisiones de material particulado (PTS) en t/año por cada proceso de una nueva planta de cemento, que utilizará 500 t cal/día como materia prima, que usa carbón para el proceso de cocción de la cal en relación 4:1 (4 t cal: 1 ton carbón).El carbón tiene un contenido de azufre 3%, y la planta produce 400000 t/año de cemento. Además, por cada tonelada de carbón utilizado se genera 165 kg de escoria. Use la tabla de FE de la OMS
El proceso comprende:
 - a) Almacenamiento del carbón en pilas semicerradas (escoria)
 - b) Trituración y tamizado de carbón, no controlado
 - c) Pulverización de carbón, sistema de inyección indirecta no controlado
 - d) Almacenamiento de materia prima;



- e) Trituración y tamizado de materia prima, primaria y secundaria con ciclón
 - f) Pulverización y calcinación de materia prima en horno horizontal de proceso en seco que tiene como sistema de control de emisiones multiciclones y precipitador electrostático.
 - g) Almacenamiento del cemento en silos
 - h) Empaquetado en sistema no controlado.
5. Calcule las emisiones (PTS y H₂S) en t/año en una fábrica de harina de pescado que utiliza secadores de fuego directo para el procesamiento de pescado y 4 calderos de 800 bhp. Cada uno consumen 50 gal de R500 (petróleo residual) por t de harina de pescado. La fábrica procesa 140 t/h de pescado y produce 30 t/h de harina de pescado. R500 tiene una densidad de 980 kg/m³ y contiene 1.5% en peso de azufre. Use la tabla de FE de la OMS.



Tercera unidad

Semana 6

Sección:	Apellidos :
Docente :	Nombres :
Unidad : Unidad 2	Fecha:/...../..... Duración: 180 min

Instrucciones: lee atentamente los textos proporcionados por el docente sobre Modelos de dispersión.

I. Propósito:

Desarrollar en los alumnos la capacidad de análisis para calcular la concentración de contaminantes que puede presentarse en un punto procedente de una o varias fuentes estacionarias.

II. Descripción de la actividad a realizar

Un contaminante emitido a la atmósfera es transportado en la dirección del viento predominante y dispersado por movimientos de aire perpendiculares al viento, así como por turbulencia. La predicción de la concentración de dicha sustancia en la zona que rodea al punto de emisión es un tema de gran interés en contaminación atmosférica.

III. Procedimientos

Con el apoyo de material didáctico desarrollado en las diapositivas y los criterios explicados en los ejemplos realizados en clase, los alumnos aplicarán las tablas y fórmulas pertinentes.

IV. Temas

- Modelo Gaussiano de dispersión
- Coeficientes de dispersión turbulenta
- Sobreelevación del penacho- Ec. Holland.

Problemas propuestos

- 1) Una chimenea presenta una altura efectiva de 60m emite 115g/s de SO₂. El viento sopla a una velocidad de 3,8m/s y la clase de estabilidad es C. Determinar la



concentración del contaminante a 4km en la dirección del viento y al ras del suelo.

Nota: suponer que la velocidad del viento no varía con la altura.

- 2) La chimenea de una fábrica emite un gas con una tasa de emisión de calor de 5 200KJ/s. La velocidad del gas es de 12m/s y el diámetro interno de la chimenea de 1,8m. Si la velocidad del viento a la altura de la chimenea es de 4,8m/s. ¿Cuál será la sobreelevación del penacho respecto de la chimenea?

- 3) Se desea construir una planta de energía que consume 1,05 toneladas de un aceite combustible que contiene 0,6% de azufre en una zona donde ya existen otras fuentes que generan SO₂. Determinar si la nueva planta necesitara instalar algún sistema de control de las emisiones de SO₂ para evitar sobrepasar la una concentración de 125ug/m³, en un punto donde la concentración de SO₂ debida a otras fuentes es de 95ug/m³. La clase de estabilidad predominante en la zona es C y la velocidad del viento 4,2m/s. Además, se sabe que la altura efectiva de la chimenea de la nueva planta es de 58m y que el punto en estudio está situado a 600m e la dirección del viento y a nivel del suelo.

- 4) La combustión de residuos genera 4,2g/s de NO a nivel del suelo (suponer altura efectiva despreciable). Determinar la concentración de NO que se alcanza en un punto situado a 2km en la dirección del viento en los siguientes casos suponiendo que no sufra ninguna transformación química. Comentar los resultados obtenidos.

Caso	Condiciones atmosféricas	Velocidad del viento (m/s)
1	Noche nublada	5,3
2	Noche despejada	2,3
3	Tarde moderadamente despejada	5,0
4	Mañana fuertemente soleada	1,4

- 5) La chimenea de una industria emite gases residuales que contienen SO₂ a un flujo de 1300 m³/min y una temperatura de 72°C. Un análisis en la chimenea



determinó que los gases tienen una concentración de 270 mg/m³ de SO₂. La chimenea tiene una altura de 30 m y 1.1 m de diámetro interior. La estación meteorológica indica que hay 12 °C de temperatura ambiental y 623.48 mbar de presión. Se desea simular la concentración del contaminante cuando el ambiente presenta una estabilidad atmosférica E y una velocidad del viento a la altura de la chimenea de 3.2 m/s. Empleando el modelo gaussiano. Estime la concentración de SO₂ a nivel del suelo y en dirección del viento a una distancia de 2.6 km.



Cuarta unidad

Semana 13

Sección:	Apellidos :
Docente :	Nombres :
Unidad : Unidad 3	Fecha:/...../..... Duración: 60 min

Instrucciones: Leer la información proporcionada por el docente

I. Propósito:

Analizar y comprender los cálculos necesarios para diseñar una columna de absorción.

II. Descripción de la actividad a realizar

El diseño de una columna de adsorción de carbón activado es encontrar la masa necesaria para el tratamiento del contaminante.

El factor más importante en el diseño de una unidad de adsorción de carbono es el de la capacidad de adsorción del carbono.

Este es un factor que varía significativamente, dependiendo del compuesto(s) a adsorber, la porosidad total del carbono y las estructuras de los poros; los fabricantes mantienen sus propias bases de datos empíricos para su carbono.

El cálculo de la cantidad de carbono necesaria para cualquier aplicación se realiza utilizando la capacidad de saturación y los datos de capacidad de trabajo dados por el fabricante.

III. Procedimientos

Con el apoyo de material didáctico entregado por el docente y los criterios explicados en clase, los alumnos desarrollarán el diseño.

IV. Temas

- Determinar la masa de carbón activo necesaria para el tratamiento del contaminante.



Problema propuesto

Calcular la cantidad de carbón necesario para una columna de adsorción que trata un gas residual que tiene tetracloruro de carbono (CCl_4) cuya emisión es de 100 kg/h. La unidad de adsorción debe diseñarse para un ciclo de trabajo de cuatro horas y el proveedor de carbono informa una máxima capacidad de adsorción para CCl_4 del 45% (0,45). Suponga para el diseño una capacidad de trabajo del 50% de la capacidad de saturación.



Referencias

Aragón, P. (2013). *Problemas de contaminación atmosférica*. Valencia: Universitat Politècnica de València.

Economopoulos, A (1993). *Assessment of sources of air, water, and land pollution: a guide to rapid source inventory techniques and their use in formulating environmental control strategies*. Geneva: OMS.

<https://apps.who.int/iris/handle/10665/58750?locale-attribute=es&show=full>

Mines, R. (2014). *Environmental Engineering: principles and practice*. Oxford: John Wiley & Sons, Ltd.

United States Environmental Protection Agency (2020). *Air emissions factors and quantification*. <https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification>.