

INDICE

Prefacio	XIII
Notación	XV
1 Introducción al control de la contaminación del aire	
1.1. Algo acerca de la historia del control de la contaminación del aire	1
1.2. ¿Por qué el súbito aumento en el interés en el periodo 1969-1970?	2
1.3. ¿Extracción del aire suco o control de las emisiones?	4
1.4. ¿Un problema o una familia de problemas?	5
1.5. Emisiones, acarreo receptores	6
1.6. Unidades y estándares	
1.7. Resumen	9
2 Efectos de la contaminación del aire	
2.1. Efectos de la contaminación del aire sobre la salud humana	11
2.1.1. Experimentos con animales	15
2.1.2. Exposición de corta duración de voluntarios humanos	
2.1.3. Epidemiología	18
2.1.4. Reglamentación para proteger la salud humana	21
2.2. Efectos de la contaminación del aire sobre los bienes	23
2.3. Efectos de la contaminación del aire sobre la visibilidad	24
2.4. Resumen	29
3 Leyes y reglamentación acerca del control de la contaminación del aire, filosofías del control de la contaminación del aire	35
3.1. Leyes y reglamentaciones de E.U. sobre la contaminación del aire	
3.2. Filosofías del control de la contaminación del aire	37
3.3. Las cuatro filosofías	
3.3.1. Filosofía de las normas sobre emisiones	38
3.3.2. Filosofía de las normas de la calidad del aire	43
3.3.3. Filosofía de los impuestos por emisiones	47
3.3.4. Filosofía del costo-beneficio	50
3.4. Control del mercado y derechos de emisión	53
3.5. Principales leyes de E.U. sobre la contaminación del aire	
3.6. Resumen	55
4 Mediciones de la contaminación del aire, estimaciones de las emisiones	59
4.1. Una muestra representativa	60
4.2. Obtención de la muestra representativa para el detecto	63
4.3. Determinación de la concentración	64
4.4. Promediación	65
4.5. Métodos analíticos estándar	67
4.6. Determinación de los gastos de contaminantes	68
4.7. Muestreo isocinético	69
4.8. Factores de emisiones	70
4.9. Emisiones visibles	73
4.10. Resumen	75
5 Meteorología para los ingenieros en control de la contaminación del aire	79
5.1. La atmosfera	
5.2. Movimiento atmosférico horizontal	80

5.2.1. Calentamiento ecuatorial, enfriamiento polar	
5.2.2. Efecto de la rotación de la tierra	82
5.2.3. Influencia de la tierra y el mar	
5.3. Movimiento vertical en la atmosfera	86
5.3.1. Cambio de la densidad del aire con la temperatura y la humedad	87
5.3.2. Cambio de la densidad del aire con la presión	88
5.3.3. Estabilidad atmosférica	91
5.3.4. Altura de mezclado	96
5.3.5. Humedad	98
5.4. Vientos	
5.4.1. Velocidades	102
5.4.2. Dirección del viento	103
5.5. Inversiones de temperatura	108
5.6. Fumigaciones, estancamientos	109
5.7. Pronósticos meteorológicos	
5.8 Resumen	111
6 Modelos de concentración de los contaminantes del aire	
6.1. Introducción	117
6.2. Modelos de caja fija	118
6.3. Modelos de difusión	
6.3.1. Idea gaussiana de la columna de humo	123
6.3.2. Deducción de la columna de humo gaussiana	125
6.3.3. Algunas modificaciones de la ecuación básica de la columna de humo gaussiana	135
6.4. Altura de la columna de humo	140
6.5. Usos promedio a largo plazo de los modelos gaussianos de la columna de humo	141
6.6. Creación de los contaminantes y decaimiento en la atmosfera	
6.7. Modelos de celdas múltiples	143
6.8. Modelos de la contaminación del aire orientado a los receptores y a las fuentes	145
6.9. Otros temas	
6.9.1. Estelas de los edificios	146
6.9.2. Deflexión aerodinámica hacia abajo	147
6.9.3. Distancias de acero	
6.10. Resumen	148
7 Ideas generales en el control de la contaminación del aire	
7.1. Posibilidades	155
7.1.1. Mejorar la dispersión	
7.1.2. Reducir las emisiones por el cambio de procesos, prevención de la contaminación	160
7.1.3. Uso de disposición de control de la contaminación corriente abajo	
7.2. Recuperación de recursos	161
7.3. El último destino de los contaminantes	162
7.4. Minimización del gasto volumétrico y de la caída de presión	163
7.5. Eficiencia, penetración, factor de descontaminación, nieves	165
7.6. Contaminantes homogéneos y no homogéneos	167
7.7. Volumen y composición de los productos de la combustión	169
7.8. Cambio de los gastos volumétricos	173

7.9. Punto de rocío con ácido	175
7.10. Resumen	178
8 Naturaleza de los contaminantes en partículas	
8.1. Partículas primarias y secundarias	183
8.2. Velocidad de sedimentación y fuerzas de retardo	188
8.2.1. Ley de saldo	189
8.2.2. Partículas demasiado grandes para la ley de Stokes	192
8.2.3. Partículas demasiado pequeñas para la ley de Stokes	194
8.2.4. Distancia de detención de Stokes	197
8.2.5. Diámetro aerodinámico de partícula	198
8.3. Funciones de distribución de los tamaños de partícula	
8.3.1. Un ejemplo muy sencillo. La población de Estados Unidos	199
8.3.2. Distribución gaussiana o normal	203
8.3.3. Distribución log-normal	206
8.3.4. Distribución por peso y por número	209
8.4. Comportamiento de las partículas en la atmósfera	210
8.5. Resumen	213
9 Control de las partículas primarias	
9.1. Aparatos de captura por pared	221
9.1.1. Sedimentadores por gravedad	
9.1.2. Separadores centrífugos	226
9.1.3. Precipitadores electrostáticos (ESP)	238
9.2. División de los aparatos de captura	
9.2.1. Filtros superficiales	252
9.2.2. Filtros de profundidad	263
9.2.3. Lavadores para el control de partículas	270
9.3. Elección de un colector	285
9.4. Resumen	286
10 Control de los compuestos orgánicos volátiles (VOC)	
10.1. Presión de vapor, contenido de equilibrio de vapor, evaporación	299
10.2. VOC	304
10.3. Posibilidades de control	
10.3.1. Sustitución	305
10.3.2. Control de fugas	306
10.3.3. Control por absorción	318
10.3.4. Control por combustión	325
10.3.5. Control por condensación	341
10.3.6. Modificación del proceso	343
10.5. Resumen	344
11 Control de los óxidos de azufre	
11.1. La química elemental de oxidación-reducción del azufre y del nitrógeno	355
11.2. Panorama del problema del azufre	357
11.3. Extracción de los compuestos reducidos de azufre del petróleo y de las corrientes de gas natural	358
11.3.1. Absorción y separación del gas	359
11.4. Extracción del SO ₂ de los gases ricos de desecho	369
11.5. Extracción del SO ₂ de los gases pobres de desecho	372
11.5.1. Lavadores en húmedo con piedra caliza	378

11.5.2. Otros enfoques	382
11.6. Otras posibilidades en lugar de quemar y a continuación lavar	
11.6.1. cambiar por un combustible por un contenido mas bajo de azufre	392
11.6.2. Extraer el azufre del combustible	
11.6.3. Modificar el proceso de combustión	393
11.6.4. No quemar en lo absoluto	
11.7. Resumen	395
12 Control de los óxidos de nitrógeno	
12.1. Panorama del problema de los óxidos de nitrógeno	403
12.1.1. Comparación con los óxidos de azufre	
12.1.2. Reacciones en la atmosfera	
12.1.3. Equilibrio NO y NO ₂	405
12.1.4. NO _x térmicos, inmediatos y del combustible	410
12.2. NO térmico	
12.2.1. Cinética de Zeldovich de la formación del NO térmico	411
12.2.2 Temperatura de combustión	415
12.2.3. Tiempo de combustión	420
12.2.4. Tiempo de calentamiento y de enfriamiento	421
12.3. NO inmediato	
12.4. NO del combustible	
12.5. Fuentes sin combustión de óxidos de nitrógeno	426
12.6. Control de las emisiones de óxidos de nitrógeno	
12.6.1. Control del óxidos de nitrógeno por modificación de la combustión	427
12.6.2. Control del óxidos de nitrógeno por tratamiento posterior a la llama	428
12.7. Unidades y normas en el control de los NO _x	429
12.8. Resumen	430
13 El problema de los vehículos de motor	
13.1. Panorama del problema de la contaminación del aire proveniente de los vehículos de motor	437
13.1.1. Emisiones	
13.1.2. Historia de la reglamentación de control de la contaminación del aire por los vehículos de motor	438
13.2. El motor de gasolina interna (IC)	439
13.2.1. El motor de gasolina de IC de cuatro tiempos	440
13.2.2. formación de los contaminantes	442
13.3. Emisiones del cárter y evaporativas	454
13.4. Emisiones por el tubo de escape	457
13.4.1. Operación con mezcla pobre	
13.4.2. Recirculación del gas de escape (EGR)	458
13.4.3. Reducir la extinción de la llama	459
13.4.4. Acelerar el calentamiento	
13.4.5. Tratar catalíticamente los productos de la combustión	460
13.4.6. Cambiar el combustible	467
13.4.7. Control por computadora	
13.4.8. Combustión con mezcla pobre	467
13.5. Alteración de los motores y pruebas de emisiones	
13.6. Emisiones del almacenamiento y transferencia	468

13.7. Otras plantas posibles de potencia	
13.7.1. Motores Diesel	469
13.7.2. Motores de dos tiempos que queman gasolina	
13.7.3. Motores de turbina de gas	470
13.7.4. Otras posibilidades	471
13.8. Reducción de nuestra dependencia de los vehículos de motor	
13.9. Resumen	472
14 Contaminantes del aire y le clima global	477
14.1. Calentamiento global	478
14.1.1. Bióxido de carbono	483
14.1.2. Otros gases de invernadero, aerosoles	488
14.2. Agotamiento del ozono estratosférico y los clorofluorocarbonos	489
14.3. Lluvia acida	492
14.4. La situación reglamentaria	
14.5. ¿Cuan seguros estamos?	495
14.6. Resumen	496
15 Otros temas	
15.1. Monóxido de carbono (CO)	501
15.2. Plomo	503
15.3. Contaminantes peligrosos del aire, HAP (Tóxicos del aire)	505
15.4. Contaminantes del aire en interiores	
15.4.1. Concentraciones en interiores y en el exterior	507
15.4.2. Modelos	508
15.4.3. Control de la calidad del aire en interiores	512
15.5. El problema de radón	514
15.6. Resumen	517
Apéndices	
A Valores útiles	523
B Tabla de acrónimos	525
C Carbón mineral	527
D Química elemental de la producción del ozono	531
E Tiempo de penetración del absorbedor	534
Respuestas a problemas seleccionados	539
Índice	541