
ANEXO

A. MEMORIAS DE CÁLCULO

A.1 FUENTES PUNTUALES

El inventario de emisiones para fuentes puntuales en la ZMVM del año 2004, está integrado por las emisiones de 4,946 industrias, de las cuales, 2,800 se encuentran ubicadas en el Distrito Federal y 2,146 en el Estado de México. Para fines de cálculo, se utilizaron los datos que proporciona el industrial en el Anexo A de la Licencia Ambiental Única para el Distrito Federal (LAU-DF), así como la Cédula de Operación Anual (COA) para las industrias de jurisdicción federal y local del Estado de México. Se tienen 2,482 industrias de jurisdicción local, de las cuales 1,732 se ubican el Distrito Federal y 750 en el Estado de México, de jurisdicción federal se tienen 2,464, de éstas 1,068 en el Distrito Federal y 1,396 en el Estado de México.

Las actividades realizadas para estimar las emisiones fueron las siguientes:

- Control de calidad de la información proporcionada en la LAU-DF y de la COA
- Captura de datos
- Cálculo de emisiones
- Análisis de resultados

Como parte de las mejoras en la realización del inventario de emisiones del año 2004 se modificaron las siguientes variables:

- Factores de emisión por combustión y proceso.
- Actualización de las características de los combustibles y solventes.
- Consideraciones para el cálculo de las emisiones por combustión y por proceso.
- Recálculo de las emisiones de las industrias de jurisdicción local del Estado de México y la industrias de jurisdicción federal

A.1.1 Factores de emisión por combustión

Para el cálculo de las emisiones por combustión, se utilizaron los factores de emisión que se describen en las siguientes tablas, de acuerdo al tipo de combustible y considerando la capacidad de los equipos, además de los equipos de control reportados.

Tabla A.1.1 Factores de emisión para combustión de gas natural

Contaminante	Control	Caldera industrial >3,000 c.c. [kg/10 ⁶ m ³]	Caldera comercial/inst. <3000 c.c. [kg/10 ⁶ m ³]	Horno Residencial <10 c.c. [kg/10 ⁶ m ³]
PM ₁₀	Sin control	121.6	121.6	182.8
PM _{2.5}	Sin control	121.6	121.6	182.8
SO ₂	Sin control	9.6	9.6	9.6
CO	Sin control	1344	1344	640
NO _x	Sin control	3760	1600	1504
	QBN*	2240	800	
	RG**	1600	512	
COT	Sin control	176	176	180
COTNM	Sin control	139.2	139.2	118.8
NH ₃	Sin control	51	7.8	7.8
CH ₄	Sin control	36.8	36.8	
COV	Sin control	88	88	

*Quemador bajo NO_x

** Recirculación de gases

Tabla A.1.2 Factores de emisión para combustión de GLP

Contaminante	Caldera > 3000 C.C.		Caldera < 3000 C.C.	
	Butano [kg/m ³]	Propano [kg/m ³]	Butano [kg/m ³]	Propano [kg/m ³]
PM ₁₀	0.072	0.072	0.06	0.048
SO ₂	0.0108S ^a	0.012S ^a	0.0108S ^a	0.012S ^a
CO	0.432	0.384	0.252	0.228
NO _x	2.52	2.28	1.8	1.68
COT	0.72	0.06	0.072	0.06
CH ₄	0.0240	0.0240	0.0240	0.0240

^aS = 0.009 g/m³

Proporción de gases en el gas L.P: Butano: 40%, Propano: 60%

Fuente: PEMEX Gas y Petroquímica Básica.

Tabla A.1.3 Factores de emisión para combustión de diesel

Contaminante	Control	Caldera >3,000 C.C. [kg/m ³]	Caldera <3000 C.C.[kg/m ³]
PM ₀	Sin control	--	0.12
PM ₅	Sin control	0.03	0.03
SO ₂	Sin control	17.04S*	17.04S*
CO	Sin control	0.6	0.6
NO _x	Sin control	2.88	2.4
	QBN/RG	1.2	1.2
COT	Sin control	0.1248	0.03024
COTNM	Sin control	0.0912	0.024
NH ₃	Sin control	0.096	0.096
CH ₄	Sin control	0.0336	0.00624

*S = % azufre = 0.04

Tabla A.1.4 Factores de emisión para combustión de gasóleo

Contaminante	Caldera >3000 C.C. [kg/m ³]	Caldera >3000 C.C. [kg/m ³]
PM _{2.5}	0.43344	0.43344
PM ₁₀	0.59472	0.59472
SO ₂	18S*	18S*
CO	0.6	0.6
NOx	5.64	5.64
CH ₄	0.0336	0.0336
COT	0.1248	0.1248
COTNM	0.0912	0.0912
NH ₃	0.096	0.096

*S = % azufre = 0.08

Tabla A.1.5 Factores de emisión para combustión de combustóleo

Contaminante	Caldera > 3000 C.C.		Caldera < 3000 C.C.	
	COP [kg/m ³]	COL [kg/m ³]	COP [kg/m ³]	COL [kg/m ³]
PM ₁₀	0.7929(S)+0.291 9	0.8496	0.96365(S)+0.31 835	1.03248
SO ₂	18.84S*	18.84S*	18.84S*	18.84S*
CO	0.6	0.6	0.6	0.6
NOx	5.64	5.64	6.6	6.6
COT	0.1248	0.1248	0.1536	0.1536
COTNM	No disponible	No disponible	No disponible	No disponible
CH ₄	No disponible	No disponible	No disponible	No disponible
NH ₃	0.096	0.096	0.096	0.096

COP: Combustóleo pesado. S = % azufre = 2. COL: Combustóleo ligero. S = % azufre = 1

*S es el contenido de azufre en el combustible líquido consumido en la ZMVM.

Fuente: PEMEX subdirección comercial, Fax de 19 de Septiembre de 2001 PXR-SC-ASC 104/01

Los factores de emisión para los combustibles reportados fueron obtenidos del AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors (US EPA, 1999).

A.1.2 Factores de emisión para proceso

Para el cálculo de las emisiones generadas por el proceso productivo se utilizaron factores de emisión de acuerdo con el Source Code Clasification (SCC¹) de la EPA. Los factores utilizados son factores sin control, ya que en el reporte de la LAU-DF 2005, el industrial proporciona información de los equipos de control con que cuenta, así como la eficiencia de dichos equipos.

Para realizar las conversiones de los factores de emisión se realizaron las siguientes actividades:

¹ SCC Source Clasification Code 2000

- Se seleccionó de la base de datos *FIRE* 6.23 los procesos que fueron reportados en la LAU-DF.
- Se Localizó el código SCC que representa el proceso o actividad productiva.
- Se identificaron las unidades de los factores en el *FIRE* 6.23 para hacer las conversiones del sistema ingles al sistema métrico^b.

Los factores de emisión representan las cantidades de contaminantes emitidos por cada actividad del proceso. En las siguientes tablas se presentan los factores de emisión utilizados en el inventario de emisiones.

Tabla A.1.6 Factores de emisión para la Industria alimenticia, bebidas y tabaco

SCC	Nombre del proceso	kg/unidad				Unidad
Tostado de café		PM ₁₀	SO ₂	NO _x	COV	
3-02-002-01	Tostador de flama directa	0.55	0.20	0.05	1.30	Toneladas de granos verdes
3-02-002-02	Tostador de flama indirecta	0.30	0.20	0.05	1.30	Toneladas de granos verdes
3-02-002-03	Enfriador de grano	0.10	-	-	-	Toneladas de granos verdes
Molido de trigo		PM ₁₀				
3-01-007-31	Recibo de grano			0.03		Toneladas de grano recibido
3-01-007-32	Prelimpieza de manejo			0.02		Toneladas de grano recibido
3-01-007-34	Molino			17.5		Toneladas de grano recibido
Maíz: Molido en seco						
3-01-007-41	Recibo de grano			0.03		Toneladas de grano recibido
3-01-007-42	Secado de grano			0.34		Toneladas de grano recibido
3-01-007-43	Prelimpieza/manejo			0.02		Toneladas de grano recibido
3-01-007-44	Limpieza			1.85		Toneladas de grano recibido
Maíz: Molido húmedo						
3-01-007-51	Recibo de grano			0.08		Toneladas de grano recibido
3-01-007-52	Manejo de grano			0.38		Toneladas de grano recibido
3-01-007-53	Limpieza de grano			1.85		Toneladas de grano recibido
3-01-007-54	Secador			0.13		Toneladas de grano recibido
Avena / Molino						
3-01-007-60	Molido			0.75		Toneladas de grano recibido
Arroz / Molino						
3-01-007-70	Recibo de grano			0.05		Toneladas de grano recibido
3-01-007-72	Prelimpieza/manejo			0.38		Toneladas de grano recibido
3-01-007-73	Secado			0.01		Toneladas de grano recibido
Manufactura de alimentos						
3-01-008-04	Manejo			0.23		Toneladas de grano recibido
3-01-008-05	Molido			0.03		Toneladas de grano recibido
3-01-008-06	Enfriador de polvos			0.05		Toneladas de grano recibido
Producción de cerveza		PM ₁₀	PM _{2.5}		COV	
3-02-009-01	Manejo de grano	0.02		-	-	Toneladas de grano procesado
3-02-009-02	Secado de grano agotado	0.15		0.05	0.33	Toneladas de grano procesado
3-02-009-04	Secado de malta	0.01		-	-	Toneladas de grano seco
Fermentación de whisky		PM ₁₀	COV			
3-02-010-01	Manejo de grano	0.23		-		Toneladas de grano procesado
3-02-010-02	Secado de grano	1.5		1.3		Toneladas de grano procesado
3-02-010-03	Envejecimiento	-		4.54		1000 litros producidos
3-02-010-04	Tanque de fermentación	-		0.36		1000 litros producidos
Vinos, brandys y alcohol		COV				
3-02-011-04				0.36		1000 litros producidos
3-02-011-05				0.82		1000 litros producidos
3-02-011-06				2.09		1000 litros producidos

^b Appendix A miscellaneous data and conversions factor 9/85 (reformatted 1/95) appendix A-1

Continúa...

Continúa...

SCC	Nombre del proceso	kg/unidad					Unidad
Carne ahumada		PM ₁₀	SO ₂	NO _x	COV	CO	
3-02-013-01	Operaciones combinadas	0.14	0.05	0.35	0.04	0.3	Toneladas de carne ahumada
Procesamiento de cacahuates		NO _x					
3-02-017-99	Otros no clasificados	0.03					Toneladas procesadas
Procesamiento de aceite vegetal		COV					
3-02-019-06	General: Aceite de maíz	8.49					Toneladas alimentadas al extractor
3-02-019-07	General: Aceite de semilla de algodón	7.95					Toneladas alimentadas al extractor
3-02-019-09	General: Aceite de cacahuete	9.40					Toneladas alimentadas al extractor
3-02-019-16	Extracción de aceite	7.61					Toneladas alimentadas al extractor
3-02-019-17	Preparación de harina	0.50					Toneladas alimentadas al extractor
3-02-019-18	Refinación de aceite	0.21					Toneladas alimentadas al extractor
3-02-019-19	Pérdidas fugitivas	0.85					Toneladas alimentadas al extractor
3-02-019-20	Almacenamiento de solventes	0.08					Toneladas de semilla procesada
Panaderías		COV					
3-02-032-01	Cocido de pan: proceso de esponjamiento	6.51					Toneladas de pan horneadas
3-02-032-02	Cocido de pan: proceso de amasado	0.50					Toneladas de pan horneadas
Proceso de tabaco		SO ₂			COV		
3-02-032-99	Otros no clasificados	0.24			0.17		Toneladas de producto
Cereal		PM ₁₀					
3-02-040-01	Secado	0.30					Toneladas secadas

Tabla A.1.7 Factores de emisión para la industria textil

SCC	Nombre del proceso	Kg/unidad	Unidad
Operaciones de fabricación generales misceláneos		COV	
3-30-001-02	Pintado	129.94	Toneladas de material procesadas
3-30-001-04	Tiendas de campaña: calentamiento	0.21	Toneladas de material procesadas
Impregnación de hule/caucho		COV	
3-30-002-11	Impregnación	60.06	Toneladas de recubrimiento aplicado
3-30-002-12	Recubrimiento húmedo	544.80	Toneladas de recubrimiento aplicado
3-30-002-13	Recubrimiento fluido caliente	60.06	Toneladas de recubrimiento aplicado
3-30-002-14	Mezcla de recubrimiento húmedo	54.48	Toneladas de recubrimiento mezclado
Cuero y productos del cuero		COV	
3-20-999-98	Otros no clasificados	2.28	Litros de material procesado
Operaciones de recubrimiento de superficies			
Revestimiento de telas		COV	
4-02-011-01	Operaciones de revestimiento	726.40	Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-011-02	Mezclado de revestimiento	90.80	Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-011-05	Limpieza del equipo	90.80	Toneladas de solvente en el recubrimiento
Impresión en telas		COV	
4-02-011-11	Impresión en telas por rodillo	128.94	Toneladas de tela
4-02-011-12	Impresión en telas por rodillo (2)	126,212.00	Líneas de impresión
4-02-011-13	Impresión en telas por pantalla rotatoria	20.88	Toneladas de tela
4-02-011-14	Impresión en telas por pantalla rotatoria (2)	28,148.00	Líneas de impresión
4-02-011-15	Impresión en telas por pantalla plana	71.73	Toneladas de tela
4-02-011-16	Impresión en telas por pantalla plana (2)	28,148.00	Líneas de impresión
4-02-011-99	Otros no clasificados	908.00	Toneladas de solvente en el recubrimiento

Tabla A.1.8. Factores de emisión para la industria de la Madera y productos de madera, incluye muebles

SCC	Nombre del proceso	kg/unidad				Unidad
Operaciones de triplay/aglomerados		PM ₁₀	SO ₂	NO _x	COV	
3-07-007-03	Secado aglomerado	0.16	-	-	-	Toneladas procesadas
3-07-007-04	Secado de porta tabla	-	0.78	5.18	18.57	Toneladas secos madera pegada/emparejada
3-07-007-05	Tabla roca: secador	-	0.00	0.14	0.50	Toneladas de producto seco
3-07-007-06	Tabla roca: presecador	-	-	0.03	0.50	Toneladas de producto seco
3-07-007-09	Tabla roca: estufa de secado	-	-	0.05	-	Toneladas de producto seco
Operaciones varias de trabajo de madera		PM ₁₀				
3-07-030-01	Venteo de tolva de almacenamiento de desecho de madera	0.26				Toneladas de desecho de madera
3-07-030-02	Llenado externo de tolva de almacenamiento de desecho de madera	0.54				Toneladas de desecho de madera
Operaciones de recubrimiento de superficies						
SCC	Nombre del proceso	kg/unidad				Unidad
Recubrimiento de superficies de muebles de madera		COV				
4-02-019-01	Operación de recubrimiento (c, COV)	726.40				Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-019-03	Mezcla de recubrimiento	90.80				Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-019-99	Otros no clasificados	908.00				Toneladas de solvente en el recubrimiento

Tabla A.1.9 Factores de emisión para la Industria del papel y productos del papel, imprentas y editoriales

Operaciones de recubrimientos superficiales						
SCC	Nombre del proceso	kg/Unidad			Unidad	
Impresión/publicidad. Proceso de impresión						
Secadores		SO ₂	NO _x	COV		
4-05-001-01	Secador: General	75.07	16.02	908.00	Toneladas de solvente en la tinta	
Impresión		COV				
4-05-002-01	Impresión Tipográfica 2751	108.05			Toneladas de tinta	
4-05-002-11	Impresión Tipográfica 2751	544.80			Toneladas de solvente en tinta	
4-05-002-12	Impresión Tipográfica 2751	0.18			Litros de tinta	
4-05-003-01	Flexográfica 2751	322.79			Toneladas de tinta	
4-05-003-11	Flexográfica 2751	867.14			Toneladas de solvente en tinta	
4-05-003-12	Flexográfica 2751	0.53			Litros de tinta	
4-05-003-14	Flexográfica Limpieza con Alcohol Propílico	908.00			Toneladas de solvente consumido	
4-05-004-01	Litográfica 2752	89.89			Toneladas de tinta	
4-05-004-11	Litográfica 2752	454.00			Toneladas de solvente en tinta	
4-05-004-12	Litográfica 2752	0.15			Litros de tinta	
4-05-005-01	Fotograbado 2754	322.79			Toneladas de tinta	

Continúa tabla anterior

4-05-005-11	Fotografado 2754	867.14	Toneladas de solvente en tinta
4-05-005-12	Fotografado 2754	0.53	Litros de tinta base agua.
4-05-005-13	Fotografado 2754	1.49	Litros de tinta base solvente.
4-05-006-01	Mezclado de tintas	908.00	Toneladas solvente en tinta
4-05-007-01	Almacenaje de solventes	908.00	Toneladas solvente almacenado
Solventes adelgazantes de la tinta		COV	
4-05-002-02	Keroseno	908.00	Toneladas solvente añadido
4-05-002-03	Espíritus Minerales	908.00	Toneladas solvente añadido
4-05-003-02	Carbitol	908.00	Toneladas solvente añadido
4-05-003-03	Celosolve	908.00	Toneladas solvente añadido
4-05-003-04	Alcohol Etilico	908.00	Toneladas solvente añadido
4-05-003-05	Alcohol Isopropílico	908.00	Toneladas solvente añadido
4-05-003-06	Alcohol N-Propílico	908.00	Toneladas solvente añadido
4-05-003-07	Nafta	908.00	Toneladas solvente añadido
4-05-005-02	Dimetil-formamida	908.00	Toneladas solvente añadido
4-05-005-03	Acetato de Etilo	908.00	Toneladas solvente añadido
4-05-005-06	Metil, Etil Cetona	908.00	Toneladas solvente añadido
4-05-005-07	Metil, Isobutil Cetona	908.00	Toneladas solvente añadido
4-05-005-10	Tolueno	908.00	Toneladas solvente añadido
4-05-005-99	Otros no clasificados	908.00	Ton de solvente añadido

Tabla A.1.10 Factores de emisión de la Industria química, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico

SCC	Nombre del proceso	kg/Unidad		Unidad
Manufactura química				
Limpiadores químicos		PM ₁₀	COV	
3-01-009-01	Secado por aspersión: Jabones y detergentes	30.03	0.03	Toneladas producidas
3-01-009-02	Limpiadores especiales	-	750.74	Toneladas producidas
Fabricación de pinturas		PM ₁₀	COV	
3-01-014-01	Mezcla y manejo general	2.35	15.01	Toneladas de pintura producida
3-01-014-02	Manejo de pigmentos	8.51	-	Toneladas de pigmento procesado
Fabricación de barnices		COV		
3-01-015-01	Adecuación de aceite	20.02		Toneladas producidas
3-01-015-02	Óleo resinas	75.07		Toneladas producidas
3-01-015-03	Alquidálicas	80.08		Toneladas producidas
3-01-015-05	Acrílicas	10.01		Toneladas producidas
Manufacturas de tintas de impresión		PM ₁₀	COV	
3-01-020-01	Vehículo de cocimiento: General	-	60.06	Toneladas de material producido
3-01-020-02	Vehículo de cocimiento: Aceites	-	20.02	Toneladas de material producido
3-01-020-03	Vehículo de cocimiento: Olefinas	-	75.07	Toneladas de material producido
3-01-020-04	Vehículo de cocimiento: Alquidálicos	-	80.08	Toneladas de material producido
3-01-020-05	Mezcla de pigmentos	0.85	3.10	Toneladas de pigmento producido
Preparaciones farmacéuticas		COV		
Solventes		COV		Unidad
Ácido Acético		1		Por ciento peso del solvente
Anhídrido Acético		1		Por ciento peso del solvente
Acetona		14		Por ciento peso del solvente
Acetonitrilo		83		Por ciento peso del solvente
Amil Acetato		42		Por ciento peso del solvente
Amil Alcohol		99		Por ciento peso del solvente
Benceno		29		Por ciento peso del solvente
Butanol		24		Por ciento peso del solvente
Tetracloruro de Carbono		11		Por ciento peso del solvente
Cloroformo		57		Por ciento peso del solvente
O-Diclorobenceno		2		Por ciento peso del solvente
Dietilamina		94		Por ciento peso del solvente
Dietilcarbonato		4		Por ciento peso del solvente
Dimetil Acetamida		7		Por ciento peso del solvente
Dimetil Formamida		1		Por ciento peso del solvente
Dimetil Sulfoxido		1		Por ciento peso del solvente
1,4-Dioxano		5		Por ciento peso del solvente

Continúa tabla anterior

Etanol		10	Por ciento peso del solvente
Acetato de Etilo		30	Por ciento peso del solvente
Etil Eter		85	Por ciento peso del solvente
Formaldehído		19	Por ciento peso del solvente
Freon		0.1	Por ciento peso del solvente
Hexano		17	Por ciento peso del solvente
Isobutiraldehído		50	Por ciento peso del solvente
Isopropanol		14	Por ciento peso del solvente
Isopropil Acetato		28	Por ciento peso del solvente
Isopropil Eter		50	Por ciento peso del solvente
Metanol		31	Por ciento peso del solvente
Metil Cellosolve		47	Por ciento peso del solvente
Cloruro de Metileno		53	Por ciento peso del solvente
Metil Etil Cetona		65	Por ciento peso del solvente
Metil Isobutil Cetona		80	Por ciento peso del solvente
Solvente Skelly B (Hexanos)		29	Por ciento peso del solvente
Tolueno		31	Por ciento peso del solvente
Tricloroetano		100	Por ciento peso del solvente
Hule y productos plásticos misceláneos. Grupos principales			
Manufactura de llantas		COV	
3-08-001-01	Encementado de cara lateral y área de huella	104.19	1000 unidades producidas
3-08-001-02	Vulcanizado por inmersión	6.04	1000 unidades producidas
3-08-001-03	Vulcanizado de cuerdas	8.31	1000 unidades producidas
3-08-001-04	Construcción de llanta	32.96	1000 unidades producidas
3-08-001-05	Encementado de área de huella	15.07	1000 unidades producidas
3-08-001-06	Atomización llanta (green tire spraying)	137.02	1000 unidades producidas
3-08-001-07	Curado de llanta	2.00	1000 unidades producidas
3-08-001-08	Mezclado de solventes	4.90	Toneladas de solvente
3-08-001-20	Encementado de área de huella y cara lateral	817.20	Toneladas de solvente usado
3-08-001-21	Encementado de huella y acabado final	817.20	Toneladas de solvente usado
3-08-001-22	Vulcanizado final	817.20	Toneladas de solvente usado
3-08-001-23	Secado final de llanta	835.36	Toneladas de solvente usado
Reencauchado		COV	
3-08-005-01	Máquinas de raspado de cuero	272.40	1000 unidades procesadas
Fabricación de productos plásticos		COV	
3-08-007-01	Perforado, extrusión / cortado, etc.	5.902	Toneladas de material procesadas
3-08-007-03	Consumo de solvente	294.65	Toneladas de solvente usado
3-08-007-04	Consumo de adhesivo	294.65	Toneladas de adhesivo aplicado
Productos de fibra de vidrio con resina		COV	
3-08-007-21	Gel coat por rodillo	470.47	Toneladas de recubrimiento aplicado
3-08-007-22	Get coat por atomizado	300.30	Toneladas de recubrimiento aplicado
3-08-007-23	Resina - general por rodillo	250.25	Toneladas de recubrimiento aplicado
3-08-007-24	Resina - general por atomizado	110.11	Toneladas de recubrimiento aplicado
Operaciones de recubrimiento de superficies			
Revestimiento superficial de partes plásticas		COV	
4-02-022-01	Recubrimiento	726.40	Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-022-03	Mezclado del recubrimiento	90.8	Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-022-05	Limpieza del equipo	90.8	Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-022-99	Otros no clasificados	908.00	Toneladas de solvente en el recubrimiento

Tabla A.1.11 Factores de emisión de Productos minerales no metálicos. Excluye los derivados del petróleo y del carbón

SCC	Nombre del proceso	kg/Unidad				Unidad		
Productos minerales								
Cerámica arcillosa		PM ₁₀	SO ₂	NO _x	COV			
3-05-008-01	Secado	17.87	1.20	0.80	0.002	Toneladas proceso	alimentadas	al
3-05-008-02	Cribado	32.33	3.70	1.15	-	Toneladas proceso	alimentadas	al
Dosificación de cemento		PM ₁₀						
3-05-011-01	General (no fugitivas)	0.0344				Metros cúbicos de concreto producido		
3-05-011-06	Trasferencia: Arena / agregados para elevarlos a la tolva	0.01				Toneladas procesadas		

Continúa tabla anterior

3-05-011-07	Vaciado de cemento: Tolva de almacenamiento	0.06	Toneladas procesadas
3-05-011-08	Peso de tolva: Llenado de cemento arena / agregados	0.00454	Toneladas procesadas
3-05-011-09	Mezclado: Llenado de cemento / arena / agregados	0.01	Toneladas procesadas
3-05-011-10	Llenado de tránsito mezclado en camiones	0.00454	Toneladas procesadas
3-05-011-11	Llenado de Batch - seco en el camión	0.01	Metros cúbicos de concreto producido
3-05-011-20	Productos: Cemento / asbestos	0.05	Toneladas producidas

Tabla A.1.12 Otros factores para recubrimientos superficiales (emisiones evaporativas)

SCC	Nombre del proceso	kg/unidad	Unidad
Operaciones de recubrimiento de superficies			
Aplicación de recubrimientos superficiales – General -		COV	
4-02-001-01	Pinturas: Base Solvente	508.48	Toneladas de recubrimiento Aplicado
4-02-001-10	Pinturas: Base Solvente	0.67	Litros de recubrimiento procesado
4-02-002-01	Pinturas: Base Agua	111.68	Toneladas de recubrimiento Aplicado
4-02-002-10	Pinturas: Base Agua	0.16	Litros de recubrimiento procesado
4-02-003-01	General: Barniz/Laca	454.00	Toneladas de recubrimiento Aplicado
4-02-003-10	General: Barniz/Laca	0.40	Litros de recubrimiento procesado
4-02-004-01	General: Laqueado	699.16	Toneladas de recubrimiento Aplicado
4-02-004-10	General: Laqueado	0.73	Litros de recubrimiento procesado
4-02-005-01	General: Esmaltado	381.36	Toneladas de recubrimiento Aplicado
4-02-005-10	General: Esmaltado	0.42	Litros de recubrimiento procesado
4-02-006-01	General: Primer	599.28	Toneladas de recubrimiento Aplicado
4-02-006-10	General: Primer	0.79	Litros de recubrimiento procesado
4-02-007-01	General: Aplicación de Adhesivo	576.58	Toneladas de recubrimiento Aplicado
4-05-007-10	General: Adhesivo	0.53	Litros de recubrimiento procesado
Horno de recubrimiento – General		SO_x	COV
4-02-008-01	General	2.50	27.03
4-02-008-10	General	0.12	1.56
Solventes adelgazantes		COV	
4-02-009-01	General: Especifico en comentarios	908.00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-02	Acetona	908.00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-03	Acetato de Butilo	908.00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-04	Alcohol Butílico	908.00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-05	Carbitol	908.00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-06	Celosolve	908.00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-07	Acetato de Celosolve	908.00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-08	Dimetil formamida	908.00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-09	Acetato Etilico	908.00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-10	Alcohol Etilico	908.00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-11	Gasolina	908.00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-12	Alcohol Isopropílico	908.00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-13	Acetato Isopropílico	908.00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-14	Keroseno	908.00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-15	Solventes de Lactol	908.00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-16	Acetato Metílico	908.00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-17	Alcohol Metílico	908.00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-18	Metil Etil Cetona	908.00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-19	Metil Isobutil Cetona	908.00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-20	Solventes minerales	908.00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-21	Nafta	908.00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-22	Tolueno	908.00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-23	Varsol	908.00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-24	Xileno	908.00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-25	Benceno	908.00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-26	Turpentino	908.00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-27	Hexilen glicol	908.00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-28	Oxido de Etileno	908.00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-29	Metil Cloroformo	908.00	Toneladas de solvente usado
4-02-009-31	Percloroetileno	908.00	Toneladas de solvente usado

Clasificación Mexicana de Actividades y Productos (CMAP)

La clave CMAP, contiene cuatro niveles de agregación, sector, subsector, rama y actividad. Esta agregación obedece al criterio básico para identificar la actividad de las unidades estadísticas, partiendo de lo general hacia niveles de mayor especificación de una manera gradual.

La industria de la ZMVM, está incluida en los sectores 3 “Industrias Manufactureras” y 4 “Electricidad y Agua”, los cuales se dividen en 10 subsectores y 53 ramas como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla A.1.13 Descripción de los sectores, subsectores y ramas de la industria en la ZMVM

Sector	Subsector	Rama	Descripción
3	31		Industrias manufactureras
			Productos alimenticios, bebidas y tabaco
		3111	Industria de la carne
		3112	Elaboración de productos lácteos
		3113	Elaboración de conservas alimenticias. Incluye concentrados para caldos. excluye las de carne y leche exclusivamente
		3114	Beneficio y molienda de cereales y otros productos agrícolas
		3115	Elaboración de productos de panadería
		3116	Molienda de nixtamal y fabricación de tortillas
		3117	Fabricación de aceites y grasas comestibles
		3119	Fabricación de cocoa, chocolate y artículos de confitería
		3121	Elaboración de otros productos alimenticios para el consumo humano
		3122	Elaboración de alimentos preparados para animales
		3130	Industria de las bebidas
		3140	Industria del tabaco
	32		Textiles, prendas de vestir e industria del cuero
		3211	Industria textil de fibras duras y cordelería de todo tipo
		3212	Hilado tejido y acabado de fibras blandas excluye de punto
		3213	Confección con materiales textiles. Incluye la fabricación de tapices y alfombras de fibras blandas
		3214	Fabricación de tejidos de punto
		3220	Confección de prendas de vestir
		3230	Industria del cuero, pieles y sus productos. Incluye los productos de materiales sucedáneos. Excluye calzado y prendas de cuero.
		3240	Industria del calzado excluye de hule y/o plástico
	33		Industria de la madera y productos de madera. Incluye muebles
		3311	Fabricación de productos de aserradero y carpintería. Excluye muebles
		3312	Fabricación de envases y otros productos de madera y corcho. Excluye muebles
	34	3320	Fabricación y reparación de muebles principalmente de madera. Incluye colchones
			Papel y productos de papel, imprentas y editoriales
		3410	Manufactura de celulosa, papel y sus productos
	35	3420	Imprentas, editoriales e industrias conexas
			Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón de hule y de plástico
		3511	Petroquímica básica
		3512	Fabricación de sustancias químicas básicas. Excluye las petroquímicas básicas
		3513	Industria de las fibras artificiales y/o sintéticas
		3521	Industria farmacéutica
		3522	Fabricación de otras sustancias y productos químicos
		3540	Industria del coque. incluye otros derivados del carbón mineral y del petróleo
		3550	Industria del hule
		3560	Elaboración de productos de plástico

Continúa tabla anterior

	36		Productos minerales no metálicos. Excluye los derivados del petróleo y del carbón
		3611	Alfarería y cerámica. excluye materiales de construcción
		3612	Fabricación de materiales de arcilla para la construcción
		3620	Fabricación de vidrio y productos de vidrio
		3691	Fabricación de cemento, cal, yeso y otros productos a base de minerales no metálicos
	37		Industrias metálicas básicas
		3710	Industria básica del hierro y del acero
		3720	Industrias básicas de metales no ferrosos. Incluye el tratamiento de combustibles nucleares
	38		Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión
		3811	Fundición y moldeo de piezas metálicas ferrosas y no ferrosas
		3812	Fabricación de estructuras metálicas, tanques y calderas industriales. Incluso trabajos de herrería
		3813	Fabricación y reparación de muebles metálicos
		3814	Fabricación de otros productos metálicos. excluye maquinaria y equipo
		3821	Fabricación y/o reparación de maquinaria y equipo para fines específicos con o sin motor eléctrico integrado. Incluye maquinaria agrícola
		3822	Fabricación y/o reparación de maquinaria y equipo para usos generales con o sin motor eléctrico integrado. Incluye armamento
		3823	Fabricación y/o ensamble de maquinas de oficina, calculo y procesamiento informativo
		3831	Fabricación y/o ensamble de maquinaria, equipo y accesorios eléctricos. Incluye para la generación de energía eléctrica
		3832	Fabricación y/o ensamble de equipo electrónico de radio, televisión, comunicaciones y de uso medico
		3833	Fabricación y/o ensamble de aparatos y accesorios de uso domestico. Excluye los electrónicos
		3841	Industria automotriz
		3842	Fabricación, reparación y/o ensamble de equipo de transporte y sus partes. Excluye automóviles y camiones
		3850	Fabricación, reparación y/o ensamble de instrumentos y equipo de precisión. Incluye instrumental quirúrgico excluye los electrónicos
	39		Otras industrias manufactureras-
		3900	Otras industrias manufactureras
4			Electricidad y Agua.
	41		Electricidad
		4100	Generación de energía eléctrica

La adjudicación de la clave CMAP, se realizó tomando en cuenta la actividad principal de cada industria establecida en la ZMVM, así como sus principales productos.

Así tenemos que una industria, cuya actividad principal es la maquila de productos plásticos y tiene como producto principal juguetes, estaría dentro del subsector 35 “Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón de hule y de plástico”, la rama 3560 “Elaboración de productos de plástico” y la actividad 356011 “Fabricación de juguetes plásticos”.

A.1.3 Consideraciones para el cálculo de emisiones por combustión

La información para estimar las emisiones por combustión de una industria en particular consiste en determinar la capacidad del equipo de combustión, el consumo y tipo de combustible utilizado, el tipo de quemador y si cuenta con algún sistema de control para los gases de combustión y horarios de operación, ver diagrama A.1.1.

Existen conversiones previas a la selección del factor de emisión, como la capacidad térmica del equipo y las unidades de consumo de combustibles, entre otras conversiones, las cuales se realizaron de acuerdo al Apéndice A del AP-42 1995 de la US-EPA.

Si el equipo de control se encuentra relacionado con el punto de generación de algún contaminante, se analiza la siguiente información: el tipo de equipo de control, contaminante que controla y la eficiencia del equipo.

Toda la información es evaluada, analizada y procesada con la siguiente ecuación:

$$E = A \times FE$$

Ecuación A.1.1 (Sin control)

$$E = A \times FE \left(\frac{(1-EC)}{100} \right)$$

Ecuación A.1.2 (Con control)

Donde

E: Emisión de contaminante

A: Tasa de actividad

FE: Factor de emisiones, [kg de contaminante emitido por m³ de combustible quemado]

EC: Eficiencia del sistema de control [%]

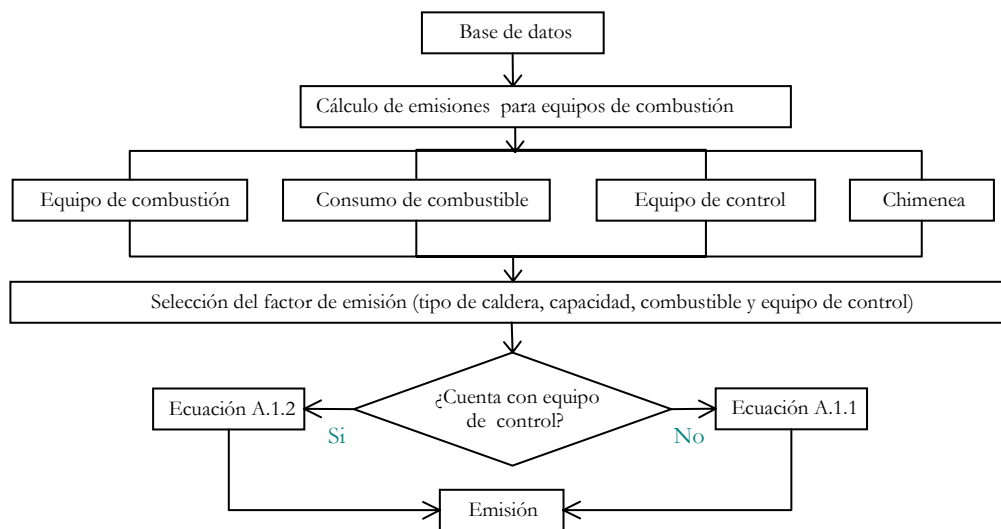


Figura A.1.1 Etapas para el cálculo de emisiones en equipos de combustión

Para el cálculo de las emisiones por combustión se consideró lo siguiente:

1. Los contaminantes por combustión evaluados para este inventario de emisiones, son PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, NO_x, CO, HCT, HCNM, CH₄, COV y NH₃.
2. De la LAU-DF, se toma el consumo y tipo de combustible reportado por la industria para cada equipo de combustión reportado en la Tabla A.1.14, así como la capacidad térmica de los mismos, se aplica el factor de emisión correspondiente y se realiza el cálculo de las emisiones, tomando en cuenta las horas y los días de operación de los equipos.
3. Si el equipo de combustión cuenta con equipo para controlar sus emisiones, se considera la eficiencia de control, y la emisión de este equipo debe ser afectada por dicha eficiencia para estimar la emisión total, la emisión controlada y la emisión sin control, es decir la emisión que realmente se emite a la atmósfera.
4. Si no se reporta el consumo de combustibles, o el dato es confuso en la LAU-DF, pero se conoce el tipo de combustible utilizado, el consumo del combustible se determina por medio de cálculos de ingeniería, basados en la capacidad térmica del equipo, su horario de operación y el poder calorífico del combustible.

5. Cuando se desconocen las horas al año de trabajo de los equipos, pero se conoce el consumo y tipo de combustible utilizado, así como su capacidad térmica, se puede determinar las horas de operación anual de dichos equipos y con esto calculamos las emisiones anuales.
6. Cuando se desconoce el tipo de combustible utilizado, no se realiza el cálculo de emisión por combustión, debido a que no se puede establecer el factor de emisión a utilizar.
7. Cuando los datos de capacidad térmica del equipo de combustión y los consumos de combustibles son incongruentes, no se realiza el cálculo de las emisiones por combustión, debido a la gran incertidumbre de los datos.

Tabla A.1.14 Equipos de combustión utilizados en la industria

Equipos de combustión por calentamiento directo	Equipos de combustión calentamiento indirecto
Hornos	Calderas
Estufas	Generador de vapor
Dragas	Boyle
Paylas	Intercambiadores de calor
Quemadores	Calentadores de aceite
Hornillas	Otros
Tómbolas de secado	
Tostadores	
Freidoras	
Otros	

Consumo de combustibles en la ZMVM

En el caso de todas aquellas industrias cuyo consumo de combustibles no pudo ser verificado, ya sea por un documento extra (facturas) o por la negativa del industrial a la aclaración de la información, se realizaron cálculos de acuerdo a las capacidades de los equipos de combustión, horas de operación y poder calorífico del combustible en cuestión.

Se verificó el consumo de gas natural en la ZMVM y se comparó con el reportado por las industrias; cabe mencionar que para este caso se consideraron las industrias que reportan un consumo de gas natural “dudoso”, de acuerdo a las capacidades de los equipos de combustión y las horas de operación del mismo, en su caso se tomó el consumo reportado en el documento mencionado y se recalcularon las emisiones generadas por la combustión del combustible.

Una vez obtenida la sumatoria del consumo de combustibles, que reportan las industrias en la ZMVM, se comparó con los datos de ventas globales de combustibles para ZMVM reportados por PEMEX, con el fin de validar las consideraciones anteriores. Con el consumo de combustible validado para cada industria, se procede al cálculo de las emisiones por combustión, para un mayor entendimiento se presenta el siguiente ejemplo.

Ejemplo 1. Cálculo de las emisiones de una caldera que utiliza gas natural como combustible

Parámetros de operación asumidos:

Nombre del equipo:	Caldera	Capacidad:	2000 CC (Caballos Caldera) 7064 MJ/h
Combustible que utiliza:	Gas Natural	Cantidad:	4,000,000 m ³ /año
Equipo de control:	Quemador de Bajo NOx (QBN)	Eficiencia:	40%
Horas de operación:	8	Días al año:	313

Factores de emisión:

Los factores de emisión de los contaminantes están referidos al equipo de combustión, la capacidad del equipo y al tipo de combustible que utiliza; y para el caso del Gas Natural sería:

De la tabla A.1.1, para gas natural, se toma el factor de emisión correspondiente de acuerdo a la capacidad del equipo (<3000 CC) y se realiza la estimación de las emisiones como se describe a continuación:

La ecuación general para estimar emisiones totales de los contaminantes es la siguiente:

$$\text{Emisión} = \text{Consumo de combustible anual (m}^3\text{/año)} * \text{Factor de emisión}$$

Cálculo de emisiones totales

$$\begin{array}{llll}
 \text{PM}_{10} & = & 4,000,000 \text{ m}^3\text{/año} * 121.6 \text{ kg}/10^6 \text{ m}^3 & = 486 \text{ kg/año} \\
 \text{SO}_2 & = & 4,000,000 \text{ m}^3\text{/año} * 9.6 \text{ kg}/10^6 \text{ m}^3 & = 38.4 \text{ kg/año} \\
 \text{CO} & = & 4,000,000 \text{ m}^3\text{/año} * 1,344 \text{ kg}/10^6 \text{ m}^3 & = 5376 \text{ kg/año} \\
 \text{NOx} & = & 4,000,000 \text{ m}^3\text{/año} * 1,600 \text{ kg}/10^6 \text{ m}^3 & = 6,400 \text{ kg/año} \\
 \text{COT} & = & 4,000,000 \text{ m}^3\text{/año} * 176 \text{ kg}/10^6 \text{ m}^3 & = 704 \text{ kg/año} \\
 \text{COV} & = & 4,000,000 \text{ m}^3\text{/año} * 88 \text{ kg}/10^6 \text{ m}^3 & = 352 \text{ kg/año}
 \end{array}$$

Estimación de las emisiones sin control.

Las emisiones de NOx son controladas con un equipo (quemador de Bajo NOx), con una eficiencia de control del 40%. La ecuación para estimar estas emisiones es como sigue:

$$\text{Emisión sin control} = \text{Emisión total} * (1 - \text{Eficiencia del equipo de control})$$

$$\text{NOx}_{\text{sin control}} = 6,400 \text{ kg/año} * (1 - 0.40) = 3,840 \text{ kg/año}$$

Esta emisión sin control es la reportada en el inventario de emisiones ya que es la emisión que realmente se descarga a la atmósfera.

A.1.4 Consideraciones para el cálculo de emisiones por proceso

Para realizar la valoración de las emisiones en el proceso se utilizaron factores de emisión del FIRE 6.23 de la EPA, estos representan las cantidades de contaminantes emitidos en un equipo u operación por cada etapa del proceso.

El cálculo de las emisiones por proceso en la industria, consiste en revisar la información proporcionada en la LAU-DF (ver figura siguiente). Si cuenta con equipos de control se determina la siguiente información: ¿El equipo se encuentra relacionado al punto de generación del contaminante?, ¿Que tipo de equipo y contaminante controla? y ¿Cuál es su eficiencia de control?. Lo anterior es suficiente para seleccionar los factores de emisión a utilizar.

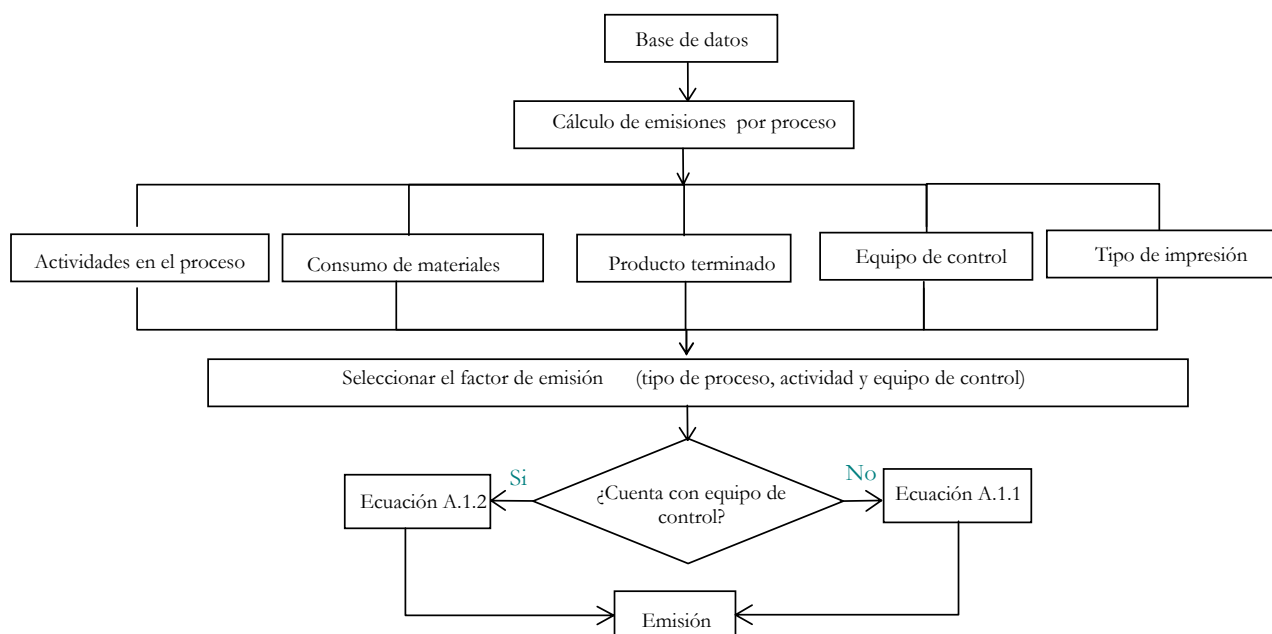


Figura A.1.2 Etapas para el cálculo de emisiones por proceso.

Para el cálculo de emisiones en el área de procesos se tienen 3 tipos de estimaciones: 1) por factores de emisión para equipos de combustión de calentamiento directo; 2) por factores de emisión del FIRE 6.23 y 3) por datos reportados en estudios de emisiones medidos en campo.

Para el cálculo de las emisiones por proceso se trabajo de la siguiente manera:

- A. Con la información referida a las materias primas, productos y/o actividad emisora de contaminantes, se identifica el factor de emisión del SCC² correspondiente a la actividad y/o proceso.

² EPA 454/C-00-003, 2000. Emission Factors and inventory Group. EMAD/OAQPS Versión 8.0, Source Classification Codes-.

- B. Si no se tienen las unidades que reporta el factor de emisión (kg/ton, kg/lt, kg/producto, kg/materia prima consumida) y no se puede llegar a las unidades requeridas, entonces no se realiza el cálculo de emisiones por SCC, ya que no se cuenta con la información necesaria para la estimación de emisiones por actividad productiva. En estos casos, se identifican industrias con actividades similares y se relacionan para obtener una emisión aproximada.
- C. En el giro de impresión, es necesario tener en cuenta ciertas consideraciones para el cálculo, ya que existen diversos tipos de impresión como son:
- Impresión Flexográfica
 - Impresión Tipográfica
 - Impresión Litográfica
 - Fotograbado
 - Impresión Serigráfica
 - Impresión Offset
 - Rotograbado

A cada uno de las anteriores actividades le corresponde un factor de emisión por lo que se debe tener en cuenta que:

- La impresión Offset es similar a la impresión Litográfica, ambas son usadas para la fabricación de libros, folletos, periódicos, y por lo tanto se considerará el factor de la impresión Litográfica para ambos tipos de impresión.

- Para la Impresión, Tipográfica y Serigráfica se considerará el factor de la impresión Tipográfica debido a que tienen un proceso similar, por lo que el factor de emisión representa las condiciones de operación de estas dos actividades.

- El factor de emisión del Fotograbado será el mismo para el Rotograbado, ya que ambos son procesos similares y uso (etiquetas, revistas, periódicos, cajas de cartón y materiales de empaque flexible).

- D. Cuando se reporten solventes adelgazantes (ya sea para impresión o para recubrimiento) y no se encuentren dentro del catalogo de "solventes adelgazantes" (como por ejemplo el thinner), entonces se englobará dicho solvente dentro del catalogo "general específico" para el caso de recubrimiento y en "otros no clasificados" para impresión.
- E. Para la estimación por SCC en cuanto a las actividades de recubrimiento e impresión, se debe tener en cuenta que la cantidad de solvente que se evapora totalmente es la suma del solvente contenido en el recubrimiento por fabricación y/o tinta, más el solvente utilizado para el adelgazamiento de la tinta y recubrimiento.
- F. Cuando se reporten hornos, se debe tener en cuenta que la actividad de un horno a otro varia, así por ejemplo se tienen actividades de recubrimiento, pintado, curado, polimerizado, secado, entre otros. Las diferencias se muestran a continuación:

- Horno de Curado, incluye el proceso de recubrimiento y secado.
- Horno de recubrimiento, solamente el recubrimiento.
- Horno de polimerizado, incluye el proceso de polimerización por electricidad o temperatura.
- Horno de secado, proceso de secado.

Además de los hornos, en los procesos productivos, también se cuentan con actividades como el Pintado manual o por pistola y recubrimiento de spray o rociado en casetas de pinturas.

- G. Cuando alguna de las actividades desarrolladas en el proceso no se encuentre en el SCC, se verifica si dicha actividad, materia prima y/o productos se puede englobar en algún factor como actividad general, o en otros no clasificados o en una actividad y/o materia prima similar, para así realizar el cálculo por SCC.
- H. Si se reporta algún equipo de control y se conoce su eficiencia, la emisión total es afectada por dicha eficiencia para estimar las emisiones totales, con control y sin control.
- I. Los gastos volumétricos se consideran en base seca y condiciones normales de presión y temperatura para poder estimar las emisiones de contaminantes.
- J. Cuando no se especifican los horarios de operación de los equipos de proceso se considera el horario de labores diarias.
- K. Si no se especifica o reporta la capacidad de los equipos de combustión de calentamiento directo, éstos, se considerarán menores a 3,000 caballos caldera, para estimar una emisión aproximada sin importar el tipo de combustible.
- L. Cuando no se especifica el tipo de quemador, éste, para fines de cálculo se considerará como quemador normal.
- M. Si la emisión de algún contaminante es reportado en kg/hr, pero no se reporta el tiempo de operación del equipo emisor, no se realiza el cálculo anual para la emisión reportada, ya que si se considera el tiempo que labora la empresa se estimaría una emisión errónea y por consiguiente alta, por lo que, las emisiones de estas industrias se estimaran con factores de emisión tomando en cuenta las materias primas y productos que puedan generar emisiones de acuerdo a las actividades productivas en que sean utilizadas.
- N. Cuando no se cuenta con datos reportados de mediciones o de cálculos de ingeniería se calcularán las emisiones utilizando los factores de emisión.
- O. Si se tienen emisiones reportadas en la LAU-DF o en el estudio de emisiones, se realizará una comparación con las emisiones estimadas por factores de emisión correspondientes. De dicha comparación se reportará la emisión más congruente de acuerdo a la actividad productiva, horas de operación, equipos de control, materia prima, producto y las demás variables que afecten la emisión de contaminantes.
- P. Para el caso de los productos plásticos, cuando no se especifiquen datos de las actividades, todos los proceso se engloban en producción de productos plásticos.

A continuación se presentan algunos ejemplos de como se realizó el cálculo por factores de emisión, para las emisiones por proceso.

Ejemplo 2. Cálculo por FE para proceso.

Clave CMAP: 342002

Actividad principal: Impresión de revistas

Materias primas	Cantidad	Unidades
Papel	10,533,528	ton/año
Tinta	54,267	kg/año
Lamina fotosensible	34,565	piezas/año
Reveladores	5250	l/año
Goma arábica	592	kg/año
Goma para encuadernado	20,826	kg/año

Cálculo de emisiones por impresión tipográfica

Se identifica la actividad principal, materias primas y productos, se relaciona la actividad con el SCC.

El SCC correspondiente a esta actividad es el 4-05-002-01 y el factor de emisión a utilizar es 108.052 kg de COV por tonelada de tinta utilizada, entonces:

Si se tienen 54,267 kg de tintas la emisión será:

$$E_{\text{COV}} = (54.267 \text{ ton tinta/año} * 108.052 \text{ kg COV/ton tinta}) * (1\text{ton}/1000\text{kg}) = 5.86 \text{ ton de COV/año}$$

Para el caso de libros y revistas se estima la emisión de COV por el uso de pegamentos, el cual corresponde al SCC 4-02-007-01 (Aplicación de adhesivo), y el factor de emisión es de 576.58 kg de COV, por tonelada de pegamento aplicado.

Si se tienen: 21,418 kg de pegamento, equivalente a 21.418 toneladas.

$$E_{\text{COV}} = (576.58 \text{ kg COV/ton peg.} * 21.418 \text{ ton peg./año}) * (1\text{ton}/1,000\text{kg}) = 12.35 \text{ ton de COV/año}$$

$$\text{Emisión total de COV} = 12.35 + 5.86 = 18.21 \text{ ton de COV/año}$$

Ejemplo 3. Cálculo por FE para proceso.

Clave CMAP: 311403

Actividad principal: Tostado y comercialización de café.

Materias primas	Cantidad	Unidades
Café	12,000	kg/año
Azúcar	3,500	kg/año

Cálculo de emisiones por proceso de tostado de café

El SCC que le corresponde es el 3-02-002-02 y los factores correspondientes se observan a continuación:

Operación	kg/unidad				Unidad
	PM ₁₀	SO ₂	NO _x	COV	
Tostador de flama indirecta	0.30	0.20	0.05	1.30	Toneladas. de granos verdes

Si se tienen 12,000 kg de café la emisión equivalente a 12 toneladas

$$E_{PM_{10}} = (0.3 \text{ kg/ton de grano} * 12 \text{ ton/año}) * (1\text{ton}/1,000 \text{ kg}) = 0.0036 \text{ ton/año de PM}_{10}$$

$$E_{SO_2} = (0.2 \text{ kg/ton de grano} * 12 \text{ ton/año}) * (1\text{ton}/1,000 \text{ kg}) = 0.0024 \text{ ton/año de SO}_2$$

$$E_{NO_x} = (0.05 \text{ kg/ton de grano} * 12 \text{ ton/año}) * (1\text{ton}/1,000 \text{ kg}) = 0.0006 \text{ ton/año de NO}_x$$

$$E_{COV} = (1.3 \text{ kg/ton de grano} * 12 \text{ ton/año}) * (1\text{ton}/1,000 \text{ kg}) = 0.0156 \text{ ton/año de COV}$$

A.1.5 Emisiones por hora

Una vez determinadas las emisiones generadas por los equipos de combustión y las emisiones generadas por proceso productivo, se realizó la suma de las emisiones con la finalidad de obtener la emisión total de cada una de las industrias ubicadas en la ZMVM.

Con la emisión total de cada una de las industrias, y las horas anuales laboradas, se obtiene la emisión por hora para los diferentes contaminantes.

El total de horas laboradas por cada una de las industrias, se determina de acuerdo al número de horas y los días que labora durante el año.

Esta emisión horaria se distribuye de acuerdo con la hora de inicio de operación de la industria y las horas laboradas durante un día.

Ejemplo 4.

Una empresa que emite 20 toneladas anuales de NO_x, y labora 9 horas diarias de lunes a sábado (313 días/año), tendría la siguiente emisión por hora.

$$\text{Emisión total} = 20 \text{ ton/año de NO}_x$$

$$\text{Horas anuales} = 9 \text{ hr/día} * 313 \text{ día/año} = 2,817 \text{ hr/año}$$

$$\text{Emisión horaria} = 20 \text{ ton/año} / 2,817 \text{ hr año} = 0.0071 \text{ ton/hr} = 7.1 \text{ kg/hr}$$

Considerando que esta empresa inicia sus labores a partir de las 7:00 hrs, se tiene el siguiente perfil:

Hora	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
NO _x (kg/h)	0	0	0	0	0	0	0	0	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	0	0	0	0	0	0	0

Con la distribución horaria de cada una de las industrias, se realizó la sumatoria de las emisiones por hora y se obtuvo la emisión total correspondiente a la hora en cuestión. Cabe mencionar que los perfiles horarios se determinaron por cada contaminante.

Es importante mencionar que algunas las industrias de jurisdicción Federal y del Estado de México, proporcionan información de los horarios de operación, pero no cuenta con información respecto al horario de inicio de sus operaciones de las empresas.

Los horarios de operación de las empresas ubicadas en las entidades antes mencionadas respecto de la industria local del D.F. muestran prácticamente el mismo perfil, por lo que con la información de horarios de operación de las industrias de jurisdicción local del D.F., se realizó una distribución de los horarios de inicio de operación para las empresas que no reportan este dato.

Para las industrias que reportan 24 horas de operación, se consideró que su inicio de operación es a las 6:00 horas de manera arbitraria, ya que esto no afecta en la distribución de las emisiones, porque las emisiones serán constantes para cada hora durante el tiempo que la industria opere.

Esta metodología se aplicó para cada uno de los contaminantes evaluados en el Inventario de Emisiones para la ZMVM 2004.

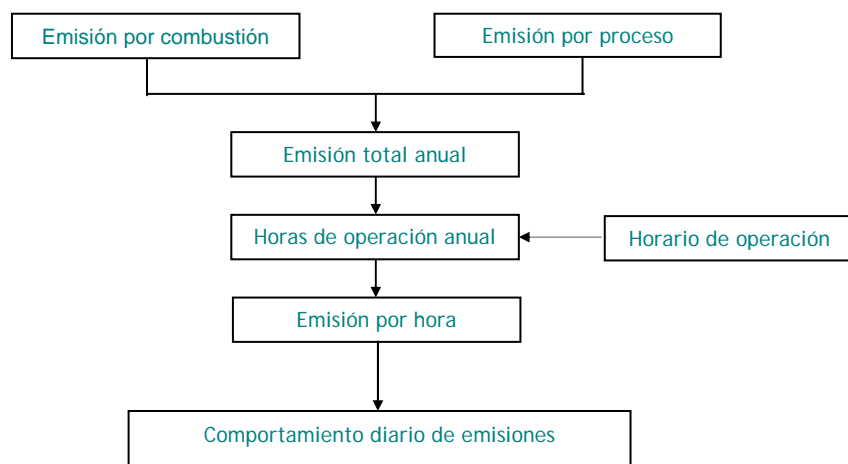


Figura A.1.3 Etapas para el cálculo de emisiones por hora

A.1.6 Consideraciones para la especiación de hidrocarburos

Para la especiación de hidrocarburos se separaron las emisiones de Compuestos Orgánicos Totales (COT), en emisiones generadas por la combustión de combustibles fósiles y emisiones generadas por actividades productivas (emisiones por proceso).

Hidrocarburos por combustión

Para la especiación de los hidrocarburos (HCT, HCNM y CH₄) con relación a los COT generados por combustión, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones

$$\text{COT} = \text{HCT} + \text{ALDEHIDOS}$$

$$\text{HCT} = \text{COT} - \text{ALDEHIDOS}$$

$$\text{HCNM} = \text{HCT} - \text{CH}_4$$

La determinación de aldehídos presentes en los COT generados por la combustión, se realizó de acuerdo con los porcentajes según el tipo de combustible, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla A.1.15 Porcentaje de aldehídos presentes en la formación de COT por combustión

% Peso	Nombre químico	Actividad
7.67756	Formaldehído	Equipos de combustión externa - gas natural
7.01649	Formaldehído	Equipos de combustión externa - gas LP
0.08823	Formaldehído	Equipos de combustión externa – destilado o residual

Fuente: Especiate versión 3.1 del Air chief 8.0 de la US-EPA.

Para determinar la cantidad de Compuestos Orgánicos Volátiles por combustión, se considero el porcentaje de este contaminante presente en la formación de COT, se consideró de acuerdo al tipo de combustible y la capacidad de los equipos de combustión, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla A.1.16 Porcentaje de COV contenido en los COT por combustión

Contaminante	Gas Natural	Diesel		Gasóleo		GLP
	Todas las capacidades	>3000 CC	<3000 CC	>3000 CC	<3000 CC	Todas las capacidades
COV	50.0	82.8	82.8	82.8	82.8	64.6

Fuente: Vol.5 Desarrollo de Inventario de Emisiones de Fuentes de Área. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México.

Hidrocarburos generados por proceso

Para la especiación de los Hidrocarburos derivados de los COT emitidos por proceso, se consideraron los porcentajes de hidrocarburos reportados en el especiate 3.2 del Air Chief 8.0 de la US-EPA. Para esta especiación se toma en cuenta la contribución porcentual de cada uno de los hidrocarburos que conforman a los Compuestos Orgánicos Reactivos, los aldehídos, el metano, etc., y se manejan los mismos criterios que en la especiación por combustión como se muestra a continuación.

$$\text{COT} = \text{HC} + \text{Aldehídos}$$

$$\text{HCT} = \text{COT} - \text{Aldehídos}$$

$$\text{HCNM} = \text{HC} - \text{Metano}$$

En la siguiente tabla se observan los porcentajes de los hidrocarburos que conforman los COT generados por las actividades productivas, de acuerdo al subsector y la rama de industrial.

Tabla A.1.17 Porcentajes de COV, CH₄, Aldehídos e Hidrocarburos respecto del total de COT generados por proceso

Giro	% COV*	% CH ₄	% Aldehídos	% HC
Industria Alimenticia (31)				
3111/3112/3113	90.34	0	0	100
3114/3116	100	0	0	100
3115	100	0	0	100
3117/3119/3121/3122	90.34	0	0	100
3130	100	0	0	100
3140	100	0	0	100
Industria del Vestido (32)				
3211	100	0	0	100
3212	100	0	0	100
3213/3214/3220	100	0	0	100
3230	100	0	0	100
3240	99.23	0	0	100
Productos de la Madera y sus Derivados (33)				
3311	100	0	0	100
3312/3320	98.89	0	0	100
Productos de Impresión (34)				
3410	100	0	0	100
3420	93.83	0	2.73	97.27
Industria Química (35)				
3511	90.81	0	0	100
3512	98.87	0	0	100
3513	83.76	5.09	1.97	98.03
3521	91.08	0	0	100
3522	96.69	0	0	100
3540	77.6	22.4	0	100
3550/3560	100	0	0	100
Productos Minerales No Metálicos (36)				
3611	82.29	0	0	100
3612	79.2	18.6	1.6	98.4
3620	79.2	18.6	0	100
3691	100	0	0	100
Industria Metálica Básica (37)				
3710	68.7	0	0	100
3720	68.7	0	0	100
Industria Metálica Secundaria (38)				
3811/3812/3813/3814	100	0	0.35	99.65
3821/3822	94.25	0	0	100
3823/3831/3832/3833	100	0	12.45	87.55
3841	94.67	0	0	100
3842	94.67	0	0	100
3850	100	0	12.45	87.55
Otras Industrias Manufactureras (39)				
3900	82.43	9.02	3.36	96.64
Generación de Energía Eléctrica (41)**				
4100	50	20.9	8	92

* Cuando los COV no suman el 100%, el faltante corresponde a otros hidrocarburos tales como: Acetona, percloroetileno y cloruro de metileno, entre otros.

** Corresponde a la combustión de Gas Natural.

Fuente: Especiate 3.2 del Air Chief 8.0 de la US-EPA