

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK
Facultad de Ciencias Ambientales

Trabajo de investigación previo a la obtención del título de
Ingeniero Ambiental

ESTIMACIÓN DE EMISIONES EVAPORATIVAS
DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES DE
CENTROS DE GESTIÓN COMERCIAL Y A
GRANEL DE COMBUSTIBLES COMO FUENTES
PUNTUALES EN EL DISTRITO
METROPOLITANO DE QUITO Y SU ÁREA DE
INFLUENCIA

Autor:
Andrés Cepeda

Director de Tesis:
Katty Coral

Quito – Ecuador
Septiembre, 2005

Dedicatoria

A Vladimir Ivanovich Stoudennikov,

A mi familia,

A mis amigos con quienes compartimos esta etapa de la vida.

Agradecimientos

A mi familia en general, Washington Cepeda, y a María José Vásconez, por su incondicional e incesantes apoyo y motivación.

Por sus importantes aportes técnicos e insumos de información para la elaboración del presente estudio, a: Bladimir Ibarra, René Parra, Fabio Villalba, Katty Coral, Kléver Chávez, Jorge Gómez, Aníbal Robalino, Ángel Cepeda, Edgar Padilla, Rodrigo Villacís, Nilo Córdova, Giancarlo Rivera, Gonzalo Erazo, César Subía, Raúl Baldeón, Jorge Medina, Carlos Ordóñez, Oswaldo Erazo, Ivan Rodríguez, Edwin Maruri, Mónica Ortiz, Rocío Pesantes, Franklin Cañadas, Francisco Rosero, Julia Moreno, Juan Pablo Baquero y Homero Harari.

1. CONTENIDO

1.1 INDICE

1	CONTENIDO	4
1.1	INDICE.....	4
1.2	TABLAS.....	7
1.3	GRÁFICOS	8
1.4	IMÁGENES	9
2	RESUMEN	12
3	ABSTRACT	13
4	INTRODUCCIÓN.....	14
4.1	Antecedentes.....	14
4.2	Justificación.....	14
5	OBJETIVOS	15
5.1	General	15
5.2	Específicos.....	15
6	COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES	17
6.1	Conceptos y compuestos involucrados.....	18
6.1.1	<i>Contaminantes Peligrosos del Aire</i>	20
6.1.2	<i>Organoclorados</i>	21
6.1.3	<i>Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos</i>	22
6.2	Características físico-químicas	23
6.3	Reacciones fotoquímicas	26
6.3.1	<i>Benceno</i>	31
6.4	Consideraciones finales acerca de los COV's	32
7	COMBUSTIBLES.....	34
7.1	Obtención de productos limpios	35
7.2	Productos del refinado de Petróleo (productos limpios)	36
7.2.1	GASOLINAS	38
7.2.1.1	La Gasolina Extra	39
7.2.1.2	La Gasolina Super	40
7.2.2	DESTILADOS MEDIOS	40
7.2.2.1	DIESEL 1	40
7.2.2.2	DIESEL 2	41
7.2.2.3	DIESEL PREMIUM.....	42
7.2.2.4	JET FUEL (JET A-1)	43
7.2.2.5	GASOLINA DE AVIACION (AVGAS)	45
7.2.3	GAS LICUADO DE PETROLEO (GLP)	46
7.3	Implicación de Combustibles en Inventario de emisiones evaporativas	47
8	ÁREA DE ESTUDIO	49
8.1	Dominio	49
8.2	Grilla.....	50
9	METEOROLOGÍA	54
9.1	Temperatura Máxima Absoluta	58
9.2	Temperatura Mínima Absoluta.....	59

9.3	Temperatura media	60
9.4	Presión Barométrica	61
9.5	Radiación Solar Global.....	62
9.6	Velocidad del Viento	64
10	FUENTES DE EMISIÓN.....	67
10.1	FUENTES PUNTUALES	69
10.1.1	Terminal de productos limpios El Beaterio.....	71
10.1.1.1	Actividades desarrolladas en el Terminal El Beaterio.....	74
10.1.1.1.1	Recepción de productos limpios.....	75
10.1.1.1.2	Preparación de Gasolina Extra	76
10.1.1.1.3	Almacenamiento	78
10.1.1.1.4	Despacho de productos limpios a auto tanques	84
10.1.1.1.5	Despacho por poliducto	88
10.1.2	Ecuafuel	91
10.1.2.1	Actividades desarrolladas en Ecuafuel	93
10.1.2.1.1	Recepción de producto	93
10.1.2.1.2	Almacenamiento	93
10.1.2.1.3	Despacho de producto	100
10.1.2.2	Consideraciones finales, Ecuafuel.....	102
10.1.3	Estación de Servicio Petrocomercial	103
10.1.3.1	Actividades de Interés	105
10.1.3.1.1	Recepción de producto	106
10.1.3.1.2	Almacenamiento	111
10.1.3.1.3	Despacho a Consumidores	113
10.1.3.2	Consideraciones Finales, Petrocomercial ES	117
10.1.4	Estaciones de servicio.....	118
10.1.4.1	Descripción.....	119
10.1.5	Terminal de Gas Licuado de Petróleo Oyambaro	120
10.1.5.1	Procesos	124
10.1.5.1.1	Recepción	124
10.1.5.1.2	Almacenamiento	128
10.1.5.1.3	Licuefacción	130
10.1.5.1.4	Despacho a Auto tanques	131
10.1.5.2	Sistema de control	132
10.1.5.3	Sistemas de Seguridad y Contra Incendios.....	132
10.1.5.4	Consideraciones finales Terminal GLP Oyambaro.....	134
11	METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES EVAPORATIVAS DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES PUNTUALES DESDE EL ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE EN EL ÁREA DE TRABAJO.....	136
11.1	Contexto general.....	136
11.2	Determinación de Fuentes de Emisión	137
11.3	Modelo TANKS	137
11.3.1	Meteorología.....	138
11.3.2	Tanque de almacenamiento	139
11.3.2.1	Techo fijo cónico	139
11.3.2.2	Tanque de techo flotante externo.....	141
11.3.2.3	Tanque horizontal	142
11.3.3	Producto almacenado.....	143
11.3.4	Indicadores de actividad	144
11.3.5	Resultados.....	145

11.4	Factores de emisión (FE).....	146
11.5	Definición de los Indicadores de actividad.....	147
11.5.1	<i>Estaciones de servicio</i>	148
11.5.2	Terminal El Beaterio	149
11.5.3	<i>Petrocomercial ES</i>	149
11.5.4	<i>Ecuafuel</i>	150
11.6	Implicación de las fuentes de emisión.....	151
11.7	Inspección de las fuentes de emisión.....	152
11.8	Estimación de las emisiones.....	156
11.9	Georeferenciado de las Emisiones.....	157
11.10	Elaboración del Inventario.....	157
11.11	Consideraciones Finales acerca de la Metodología empleada.....	158
12	MODELACIÓN DE LAS EMISIONES DESDE TANQUES DE ALMACENAMIENTO.....	159
12.1	Vertical techo fijo.....	160
12.1.1	Detalle de ecuaciones involucradas.....	160
12.1.2	Simplificación de expresiones.....	164
12.2	Tanque Horizontal Techo fijo subterráneo.....	166
12.3	Tanque con Techo flotante externo.....	169
12.3.1	Simplificación de expresiones.....	171
12.4	Consideraciones finales sobre los modelos obtenidos.....	172
13	INCERTIDUMBRE Y CALIFICACIÓN DE LA CALIDAD DE LA INFORMACIÓN DEL INVENTARIO	173
13.1	Incertidumbre.....	173
13.2	Calificación del Inventario	174
13.2.1	<i>Componentes del inventario de emisiones</i>	175
13.2.2	<i>Calificación de la Información de Actividad</i>	175
13.2.3	<i>Calificación de los factores de emisión</i>	177
13.2.4	<i>Calificación combinada</i>	178
13.2.5	<i>Consideraciones finales</i>	179
14	RESULTADOS	181
14.1	Inventario de emisiones evaporativas anuales.....	181
14.2	Inventario de emisiones horarias para un día promedio	185
14.2.1	Resultados.....	188
14.3	Desagregación espacial de emisiones evaporativas.....	189
14.4	Especiación de emisiones evaporativas.....	192
15	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	193
15.1	Inventario Anual	193
15.1.1	Inventario para un día promedio.....	194
16	CONCLUSIONES.....	195
17	RECOMENDACIONES	199
17.1	Recomendaciones específicas para las fuentes de emisión	200
17.1.1	Estaciones de Servicio.....	201
17.1.2	Terminal de Productos Limpios El Beaterio.....	203
17.1.3	Terminal GLP Oyambaro	204
17.2	Para el depósito de aerocombustibles Ecuafuel.....	205
18	GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	206
19	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	209
20	ANEXOS	216
20.1	Hazardous Air pollutants (HAP's)	217

20.2	Despacho de combustibles de estaciones de servicio.....	223
20.3	Despachos Petrocomercial ES.....	224
20.4	Inventario Emisiones DMQ y su área de influencia.....	225
20.5	Emisiones Evaporativas Horarias en el DMQ y su área de influencia.....	226
20.6	Emisiones Evaporativas Mensuales en el DMQ y su área de influencia.....	227
20.7	Tablas de cálculo de emisiones evaporativas desde tanques de almacenamiento de combustibles, mediante modelo matemático y Programa TANKS.	228

1.2 TABLAS

Tabla 6-1.	Compuestos organoclorados contaminantes. Definidos por la EPA en el titulo III del CAAA.....	21
Tabla 6-2.	Reactividad Incremental de algunos COV's (Carter y Atkinson, 1989).....	29
Tabla 6-3	Efectos cancerígenos de algunos contaminantes (OMS, 2000).....	31
Tabla 7-1	Productos obtenidos de la destilación fraccionada (omega.ilce.edu.mx).....	38
Tabla 7-2.	Concentraciones de Benceno, Aromáticos y Olefinas en gasolinas Extra y Super*.....	39
Tabla 7-3	Requisitos de calidad de gasolina EXTRA.....	39
Tabla 7-4	Requisitos de calidad de gasolina SUPER.....	40
Tabla 7-5	Requisitos de calidad de DIESEL 1.....	41
Tabla 7-6	Requisitos de calidad de DIESEL 2.....	42
Tabla 7-7	Requisitos de calidad de JET A-1.....	45
Tabla 8-1	Coordenadas geográficas de los vértices del cuadro de dominio sobre el área de estudio del inventario de emisiones atmosféricas del DMQ.....	50
Tabla 9-1.	Temperatura máxima absoluta (°C) en el DMQ(Año 2003).....	58
Tabla 9-2 .	Temperatura mínima absoluta (°C) en el DMQ (Año 2003).....	59
Tabla 9-3	Temperatura media (°C) en el DMQ (Año 2003).....	60
Tabla 9-4.	Temperatura ambiente en Estaciones automáticas de monitoreo meteorológico (2004).....	61
Tabla 9-5	Presión Atmosférica (mb) en el DMQ (Año 2003).....	62
Tabla 9-6	Radiación solar global (W/m ²) en el DMQ (2004) Promedio de la radiación solar para una hora.....	63
Tabla 9-7.	Radiación solar global (W/m ²)en el DMQ (distintos años).	64
Tabla 9-8	Velocidad del viento en el DMQ (2003), m/s.....	66
Tabla 10-1	Promedio de Despacho diario. Terminal El Beaterio.....	74
Tabla 10-2	Tanquería disponible en el Terminal Beaterio hasta el año 2004.....	79
Tabla 10-3.	Distribución de brazos de carga.....	85
Tabla 10-4.	Despacho horario. Beaterio.....	86
Tabla 10-5.	Perfil horario de despacho de combustibles a camiones cisterna. Terminal El Beaterio.....	87
Tabla 10-6.	Promedios de despacho de aerocombustibles. Ecuafuel.....	92
Tabla 10-7.	Tanquería disponible en Ecuafuel.....	95
Tabla 10-8.	Tanquería disponible en Petrocoemrcial ES.	113
Tabla 10-9	Acumulado Movimiento GLP. Año 2003. Terminal Oyambaro.....	124
Tabla 10-10.	Recepciones y despachos del tanque SLOP, galones de nafta base. Teminal GLP Oyambaro, año 2004. (Fuente de datos: Petrocomercial; 2005) ...	126

Tabla 10-11. Detalle del área de almacenamiento en el terminal Oyambaro (Petrocomercial, 2004)	128
Tabla 11-1. Características fisicoquímicas requeridas por el TANKS para la estimación de emisiones evaporativas de COV's desde tanques de almacenamiento.	144
Tabla 11-2. Factores de Emisión empleados en el inventario de emisiones evaporativas de COV's.....	146
Tabla 11-3. Precios de productos comercializados en Petrocomercial ES.....	150
Tabla 12-1. Detalle de parámetros empleados en el cálculo de modelo de estimación de emisiones evaporativas desde tanques de techo fijo cónico.	164
Tabla 12-2. Detalle de parámetros empleados en el cálculo de modelo de estimación de emisiones evaporativas desde tanques horizontales subterráneos.....	168
Tabla 12-3. Detalle de parámetros empleados en el cálculo de modelo de estimación de emisiones evaporativas desde tanques de techo flotante externo.	171
Tabla 13-1. Matriz de calificación combinada <i>Actividad – Factor de Emisión</i>	174
Tabla 13-2. Descripción de componentes del inventario de emisiones evaporativas. .	175
Tabla 13-3. Calidad de la información de actividad.....	176
Tabla 13-4. Sistema de Clasificación de Factores de Emisión.....	177
Tabla 13-5. Calidad de los factores de emisión.....	178
Tabla 13-6. Matriz de combinación actividad – factor de emisión: Gasolineras	178
Tabla 13-7. Matriz de combinación actividad – factor de emisión: El Beaterio	178
Tabla 13-8. Matriz de combinación actividad – factor de emisión: Petrocom ES	179
Tabla 13-9. Calidad del Inventario	179
Tabla 14-1. Emisiones Evaporativas Mensuales. Área de trabajo, año 2003.....	181
Tabla 14-2. Emisiones evaporativas anuales de COV's . Fuentes Estacionarias, DMQ y su área de influencia, año 2003	182
Tabla 14-3. Emisiones horarias parciales y totales de COV's evaporativos en el área de trabajo (DMQ y su área de influencia)	187
Tabla 14-4. Emisiones evaporativas en el área de trabajo, durante un día promedio, año 2003	190
Tabla 14-5. Emisiones evaporativas mensuales en área de trabajo, año 2003	191
Tabla 14-6. Composición de COV's evaporados de gasolina.....	192
Tabla 16-1. Emisiones por fuente de emisión y actividad calculados.....	198

1.3 GRÁFICOS

Gráfico 6-1. Volatilidad de algunos COV's y el agua (de Nevers, 2000).	25
Gráfico 9-1. Temperatura Máxima Absoluta (DMQ, 2003)	58
Gráfico 9-2 Temperatura Mínima (DMQ 2003).....	59
Gráfico 9-3. Temperatura Media (DMQ 2003)	60
Gráfico 9-4. Temperatura Media DMQ (2004)	61
Gráfico 9-5. Presión atmosférica 2003	62
Gráfico 9-6. Radiación Solar Estaciones EMAAPQ (1999-2004)	64
Gráfico 9-7. Radiación Solar (Estación Iñaquito)	65
Gráfico 9-8. Promedio Mensual de RS horaria	65
Gráfico 9-9. Velocidad Viento DMQ (2003)	66
Gráfico 10-1. Ubicación geográfica del Terminal “El Beaterio”	73
Gráfico 10-2. Volúmenes promedio de despachos de cada uno de combustibles a diario en el terminal El Beaterio (Petrocomercial, 2002)	74

Gráfico 10-3. Despachos de combustible por cada brazo de despacho en cada hora. Terminal El Beaterio	87
Gráfico 10-4. Perfil de despacho de combustibles a camiones cisterna. Terminal El Beaterio.....	90
Gráfico 10-5. Despachos mensuales JET A1. Ecuafuel (fuente: Petrocomercial, 2005)	101
Gráfico 10-6. Despachos mensuales AvGas 100/130. Ecuafuel (fuente: Petrocomercial, 2005).....	101
Gráfico 10-7. Ventas totales mensuales de combustible, por producto. Estación de Servicio Petrocomercial.	107
Gráfico 10-8. Despachos de combustibles en la estación de servicio Petrocomercial. Participación en despacho de cada producto. (Petrocomercial, 2005)	108
Gráfico 10-9. Volúmenes acumulados de despacho mensual en todos los productos, año 2003. Petrocomercial ES.	114
Gráfico 10-10. Promedios de despacho, año 2003. Petrocomercial ES.	115
Gráfico 10-11. Volúmenes promedio de despacho por turnos. Petrocomercial ES	116
Gráfico 14-1. Emisiones Evaporativas Mensuales, área de trabajo. Año 2003.....	182
Gráfico 14-2. Emisiones evaporativas anuales de COV's en el área de trabajo. Año 2003.	183
Gráfico 14-3. Aglomerado de emisiones mensuales en toda e l área de trabajo.	184
Gráfico 14-4. Emisiones evaporativas diarias en el área de trabajo (DMQ y su área de influencia) año 2003	186
Gráfico 14-5. Emisiones evaporativas diarias en el área de trabajo (DMQ y su área de influencia) año 2003.	186

1.4 IMÁGENES

Imagen 6-2. Atmósfera sobre Quito en un día de semana al azar, a las 9 am.	33
Imagen 7-1 Torre de destilación (www.asuni.es).....	36
Imagen 7-2 Usos comerciales de Productos y Residuos, y Diagrama del flujo del Refinado de Petróleo	37
Imagen 7-3 Sistema de recepción de JET A-1 para pruebas cortas y proceso de filtrado. Ecuafuel (Aeropuerto Mariscal Sucre).....	44
Imagen 7-4 Sistema de filtrado y pruebas cortas previo a ingreso a tanques.....	45
Imagen 7-5 Filtros para JET A-1 previo a despacho a autotanques	45
Imagen 7-6 Sistema de filtrado de AVGAS previo a su almacenamiento (Ecuafuel, Aeropuerto Mariscal Sucre)	46
Imagen 7-7. Esquema de flujo de productos de la refinación del petróleo hasta su distribución a los consumidores finales. (EPA, 1995)	48
Imagen 8-1. Área de Trabajo del Inventario de Emisiones Atmosféricas del DMQ.....	51
Imagen 8-2. Grilla de cálculo sobre el área de trabajo. Acercamiento sobre una fuente estacionaria puntual de emisión.....	52
Imagen 9-1 Estaciones meteorológicas INAMHI en el área de trabajo	55
Imagen 9-3. Estaciones Meteorológicas REMMAQ.....	57
Imagen 10-1. Fuentes de emisión de COV's identificada en el área de trabajo.	69
Imagen 10-2. Terminal de productos limpios El Beaterio.....	72
Imagen 10-3. Estación reductora Beaterio. En el fondo se ven los tanques SLOP	76
Imagen 10-4. Tanque 1020. Preparación de Gasolina.....	77

Imagen 10-5. Tanque 1007. Preparación de Gasolina.....	77
Imagen 10-6. Plano general de la zona de almacenamiento.....	78
Imagen 10-7. Zona de almacenamiento de productos limpios. Se distinguen tanques de techo fijo cónico (izq.) y tanques de techo flotante externo (der.).....	80
Imagen 10-8. Tanques de almacenamiento de distinto diseño. Techo flotante externo (adelante) y techo fijo cónico (atrás).....	80
Imagen 10-9. Techo flotante externo (no en el terminal El Beaterio). Vista de la cubierta del techo flotante, desde dentro de la circunferencia del tanque.....	81
Imagen 10-10. Dos de los tanques de techo flotante en Terminal El Beaterio.....	82
Imagen 10-11. Tres de los tanques de almacenamiento de combustibles pesados (JET A- 1) en el terminal El Beaterio. Techo fijo cónico.....	82
Imagen 10-12. Boca de aforo abierta, sobre un tanque de techo fijo cónico.....	83
Imagen 10-13. Las 3 Islas de despacho de combustibles (Terminal El Beaterio).....	89
Imagen 10-14. Estación de bombeo Beaterio. A la derecha se ve el manifold que comunica la tubería de conducción con cada uno de los tanques de almacenamiento de productos limpios.....	90
Imagen 10-16. Inspección visual y revisión de densidad, primera fase de pruebas abreviadas. Ecuafuel.....	94
Imagen 10-17. Auto tanque despachando JET A1. A su derecha se ve el conjunto de filtros. Ecuafuel.....	94
Imagen 10-18. Tanques 1, 2, 3, 6. Almacenamiento JET A1. Ecuafuel.....	96
Imagen 10-19. Tanque 4. Almacenamiento AVGAS 100/130. Ecuafuel.....	96
Imagen 10-20. Auto tanques. También almacenan producto. Ecuafuel.....	96
Imagen 10-22. Accesos para aforo manual, tanque techo fijo cónico. Ecuafuel.....	97
Imagen 10-23. Salida para drenaje diario, tanque #2. Ecuafuel.....	98
Imagen 10-24. Derrames de hidrocarburos sobre la plataforma. Ecuafuel.....	99
10-25. Tanque # 6, techo desfigurado. Ecuafuel.....	99
Imagen 10-26. Tanque #1, marcas de corrosión en juntas entre paredes y techo. Ecuafuel.....	100
Imagen 10-27. Recarga a auto tanque. Ecuafuel.....	103
Imagen 10-28. Ubicación Geográfica de la estación de Servicio Petrocomercial.....	104
Imagen 10-30. Toma de muestra de combustible. Petrocomercial ES.....	109
Imagen 10-31. Acople de manguera en entrada a tanques de almacenamiento. Petrocomercial ES (izquierda).....	109
Imagen 10-32. Acople de manguera de válvula de salida de auto tanque. Petrocomercial ES (derecha).....	109
Imagen 10-33. Ingreso de combustible a tanques de almacenamiento, bajo régimen turbulento. Petrocomercial ES.....	111
Imagen 10-34. Patio de tanques. Petrocomercial ES.....	112
Imagen 10-35. Afluencia de vehículos a islas de despacho en horas de la mañana. Petrocomercial ES.....	117
Imagen 10-36. Despacho de combustible a vehículo. Petrocomercial ES.....	117
Imagen 10-37. Ubicación de estaciones de servicio.....	119
Imagen 10-38. Ubicación geográfica Terminal GLP Oyambaro.....	122
Imagen 10-39. Relleno Sanitario "El Inga" y Terminal GLP Oyambaro. El relleno se ve al lado derecho, tras los tanques esféricos.....	123
Imagen 10-40. DURAGAS - (Repsol GAS). Centro de envasado de GLP. Se ven las instalaciones tras el muro con el letrero <i>SEGURIDAD ANTE TODO</i> , a escasos 800m del Terminal GLP Oyambaro, a la izquierda, las 2 islas de despacho de GLP	123

Imagen 10-41. Zona de transferencia de producto. Terminal GLP Oyambaro.	125
Imagen 10-42. Grupo de bombas en Terminal GLP Oyambaro.....	125
Imagen 10-43. Vista general de infraestructura de recepción de producto. Tanque Bullet, Tanque SLOP, Esferas. Terminal GLP Oyambaro.....	127
Imagen 10-44. Facilidades de transferencia de producto de un proceso a otro dentro del Terminal GLP Oyambaro.	127
Imagen 10-45. Acceso para aforo en tanque SLOP, abierto. Terminal GLP Oyambaro.	128
Imagen 10-46 Chimenea/válvula de alivio en tanque SLOP. Terminal GLP Oyambaro	128
Imagen 10-47. Equipos y válvulas instaladas en domo superior de una de las esferas de almacenamiento: 2 válvulas de seguridad, sensores de temperatura y presión, radar, sistema de enfriamiento. Terminal GLP Oyambaro.....	129
Imagen 10-48. Líneas de transferencia de producto desde esferas hasta sistema de licuefacción y viceversa. Salen desde el fondo de las esferas. Terminal GLP Oyambaro.	130
Imagen 10-49 Sistema de licuefacción. Terminal GLP Oyambaro.....	130
Imagen 10-50. Intercambiador de calor, sistema de licuefacción. Terminal GLP Oyambaro	130
Imagen 10-51. Despacho a auto tanque. Terminal GLP Oyambaro.....	132
Imagen 10-52. Detector de GLP, debajo de esferas. Terminal GLP Oyambaro	133
Imagen 10-53. Detectores GLP en área de bombas. Terminal GLP Oyambaro.	134
Imagen 11-1. Ventana de ingreso de datos meteorológicos, se identifican datos meteorológicos registrados en la estación Izobamba (INAMHI). Programa TANKS	139
Imagen 11-2. Ventana de ingreso de características del tanque de techo fijo cónico. TANKS.....	140
Imagen 11-3. Características físicas del tanque de techo flotante externo. TANKS....	141
Imagen 11-4. Ventana para ingreso de características de tanques horizontales. TANKS	142
Imagen 11-5. Ventana para ingreso de características físico químicas de productos almacenados. TANKS	144
Imagen 11-6. Tanque # 6, techo hundido. Ecuafuel.....	155
Imagen 11-7. Medición manual de circunferencias de tanques de almacenamiento. Ecuafuel.....	155
Imagen 12-1. Tanque de techo fijo cónico típico (EPA; 1995).....	160
Imagen 12-2 Tanque de techo flotante externo típico (EPA; 1995).....	169
Imagen 14-1. Emisiones evaporativas Mensuales en el DMQ y su área de influencia, Año 2003. Participación de cada fuente.	183
Imagen 17-1. Carga por salpicadura.....	200
Imagen 17-2. Carga sumergida.....	200
Imagen 17-3. Carga de fondo.	200
Imagen 17-4. Sistema de recuperación de vapores balanceado. Fase 1 (OPW;1997)..	202
Imagen 17-5. Sistema de recuperación de vapores balanceado. Fase 2 (OPW;1997)..	202
Imagen 17-6. Esquema de recuperación de vapores Fase 1 en una estación de servicio. (EPA, 1995).....	203

2 RESUMEN

El presente trabajo desarrolla un inventario de emisiones estimadas de COV's producidos por evaporación de los combustibles desde las estaciones de servicio, y centros de acopio y distribución a granel de productos limpios, derivados de la refinación de petróleo. El área de trabajo inventariada incluye un cuadrado que tiene como lado un grado geográfico longitudinal y latitudinalmente, en él está como centro al Distrito Metropolitano de Quito.

Se han considerado en total 179 fuentes puntuales de emisión. El inventario propuesto se refiere al año 2003 y tiene un detalle temporal mensual, adicionalmente se propone un inventario de emisiones evaporativas horarias para un día considerado como promedio. Cada una de las fuentes y sus respectivas emisiones se encuentran georeferenciadas. La metodología aplicada está basada en la estimación de emisiones por medio de modelación matemática y aplicación de factores de emisión. Se han aplicado los factores y modelo de emisiones (TANKS) propuestos por la EPA en el AP-42.

Se ha encontrado que en total se han emitido 2613.42 toneladas de COV's por evaporación desde las citadas fuentes durante el año 2003.

Descriptores: Compuestos Orgánicos Volátiles, COV's, vapores, evaporación, emisiones evaporativas, combustibles, productos limpios, estaciones de servicio, inventario de emisiones, fuentes puntuales, indicadores de actividad, TANKS, factores de emisión, transferencia de productos, recarga por salpicadura, tanques de almacenamiento de combustibles.

3 ABSTRACT

The actual inventory represents a recompilation of estimated emissions of Volatile Organic Compounds (VOC's) that come from evaporation of petrol (petroleum refinery products) in bulk terminals and service stations all along the Metropolitan District of Quito (MDQ) and its influenced area. The workplace defined for this project includes a square which centre is occupied by MDQ, the square's sides' measure 1° each.

In fact, 179 point sources have been incorporated to the estimation. The inventory represents data from year 2003 and the temp resolution obtained includes monthly, daily and hourly. Furthermore, geographical data of each source of emission has been included in the project; as a result, emissions have been geoprocesed and located due to their geographic position. Moreover, the applied methodology includes the use of theoretical modulation and emission factors for estimating emissions of VOC's; indeed, TANKS model has been selected in order to estimating evaporative losses from storage tanks in the study area, and Emission Factors for determining evaporative emissions from transfer activities, those two methods have been taken and modified from USEPA sources, such as the Technology Transfer Chief (TTN) network, and AP-42 emission factor compilation (Air Chief, version 12), respectively.

Finally, whole estimations resulted on a total 2613.42 tons of VOC's, that have been produced by volatilization in the MDQ and it's influenced area during the year 2003.

Keywords: Volatile Organic Compounds, VOC's, vapors, evaporation, volatilization, evaporative emissions, hydrocarbons, petrol, service stations, emissions inventory, point sources, activity indicators, TANKS, emission factors, product transfer, splash loading, storage tanks.

4 INTRODUCCIÓN

4.1 Antecedentes

La Corporación por el Aire de Quito, CORPAIRE, a través de la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito, REMMAQ lleva a cabo el monitoreo continuo de la calidad del aire, generando información objetiva que sirve de insumo para el diseño, ejecución y evaluación de las políticas y acciones orientadas al mejoramiento de la calidad del aire en el distrito Metropolitano de Quito.

Como complemento, actualmente se está ejecutando la construcción del inventario de emisiones de fuentes de generación de contaminantes atmosféricos en el Distrito Metropolitano. Entre las fuentes de interés se encuentran las de emisiones evaporativas, cuyo aporte no ha sido adecuadamente definido y constituye un déficit de información que debe ser resuelto para contar con elementos de juicio suficientes para el diseño de estrategias más adecuadas de control.

Este tipo de estudios ya se han realizado en otros países, caracterizando las emisiones como fuentes puntuales o de área y cuantificando las mismas utilizando la metodología del balance de materiales, modelos computacionales y factores de emisión.

4.2 Justificación

Las emisiones evaporativas generan los denominados compuestos orgánicos volátiles (COV's). La exposición a COV's afecta funciones del sistema nervioso central (WHO, 2000) y se ha asociado con diferentes problemas como leucemia, mutaciones genéticas, irritación respiratoria, entre otras. Además, los COV's tienen especial interés ambiental debido a que una vez en la atmósfera, reaccionan con los óxidos de nitrógeno, para formar los denominados oxidantes fotoquímicos, uno de ellos el ozono, que han sido catalogados como contaminantes secundarios del aire por su efecto irritante sobre el sistema respiratorio.

Para conocer y evaluar los impactos a la calidad del aire y a la salud de los habitantes de Quito de éste tipo de emisiones, es necesario complementar el inventario de COV's que ya ha iniciado CORPAIRE para el caso de las fuentes de emisión móviles, con la estimación de fuentes puntuales y de área, que pueden ser tan importantes como aquellas, tales como estaciones de servicio, sitios de almacenamiento masivo y distribución de combustibles, recarga y emisión de aeronaves, almacenamiento y uso residencial de gas licuado de petróleo (GLP) y otras sustancias volátiles, e instalaciones de lavado en seco, por citar las más importantes.

Igualmente, en función de la magnitud de estas emisiones, es necesario especificar los equipos de control recomendados para eliminar o minimizar las emisiones en cuestión, así como sugerir los requerimientos regulatorios que podrían ser integrados en la legislación ambiental nacional y local.

5 OBJETIVOS

5.1 General

Disponer de un inventario actualizado al año 2003, de las emisiones evaporativas provenientes de fuentes de área y puntuales en el Distrito Metropolitano de Quito, así como la metodología validada para su elaboración y actualización.

5.2 Específicos

- 5.2.1 Establecer una metodología para la determinación de emisiones evaporativas puntuales y de área en el Distrito Metropolitano de Quito. Esta metodología incluirá:
 - 5.2.1.1 Criterios y herramientas necesarios para la identificación y clasificación de fuentes evaporativas de emisión.

- 5.2.1.2 Criterios y herramientas necesarios para la selección de factores de emisión para cada tipo de fuente identificada.
- 5.2.1.3 Criterios y herramientas necesarios para la determinación de niveles de actividad relacionados con los factores de emisión, de cada fuente identificada.
- 5.2.2 Identificar las fuentes evaporativas de emisión en el DMQ y su área de influencia y caracterizarlas de acuerdo con la metodología establecida, tomando como año de referencia el 2003.
- 5.2.3 Determinar las emisiones evaporativas generales y específicas para el DMQ y su área de influencia en el año 2003, utilizando la metodología desarrollada.
- 5.2.4 Procesar temporal y espacialmente la información sobre emisiones evaporativas para que pueda ser incorporada en el inventario de emisiones del DMQ y su área de influencia.
- 5.2.5 Establecer las medidas que podrían aplicarse para la eliminación o minimización de las emisiones evaporativas identificadas y estimadas, junto con sugerencias que podrían incorporarse en las regulaciones legislativas nacionales o locales para el manejo de este problema ambiental.

6 COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES

Comúnmente se menciona a los hidrocarburos (HC) refiriéndose a compuestos orgánicos volátiles (COV's, VOC's en inglés), también se los suele llamar: gas orgánico reactivo (ROG en inglés), hidrocarburos no combustionados (NCHC), hidrocarburos no metánicos (NMHC en inglés), gas orgánico no metánico (NMOG en inglés), compuestos orgánicos volátiles no metánicos (NMVOC), así, diferenciando al metano de éste extenso grupo, pero otros simplemente los llaman Compuestos Orgánicos Volátiles Totales (COVT, TVOC en inglés).

Mas allá, en términos generales, estas clasificaciones albergan a un grupo inmenso de sustancias de naturaleza orgánica, compuestas esencialmente por átomos de Carbono e Hidrógeno, pero con muchas excepciones; por ello, probablemente los COV's representan el grupo de emisiones más numeroso y diverso después del material particulado (de Nevers, 2000).

Adicionalmente, ha sido reconocido que los compuestos orgánicos volátiles también presentan efectos adversos para la salud de los seres humanos; su presencia en estado gaseoso permite que sean fácilmente asimilados por el individuo mediante la respiración. Obviamente, dichos efectos serán variables dependientes de la composición, exposición y concentración de COV's presentes; así, mayores concentraciones relacionadas con específicos COV's pueden producir enfermedades como el cáncer. Por otro lado, generalmente, entre las consecuencias de exposición a concentraciones de menor magnitud se considera a la irritación de mucosas de: ojos, garganta, nariz; además, dolores de cabeza, mareos y reducción de coordinación y motricidad; asimismo, se mencionan daños al hígado, riñón y sistema nervioso central (WHO, 2000).

En efecto, se sabe que algunos compuestos orgánicos volátiles tienen capacidad de causar cáncer en animales, y se sospecha de una potencialidad parecida aplicada a los seres humanos. (NPI Australia, 2004)

Por otro lado, no se han identificado efectos dañinos y/o corrosivos en los materiales causados por los COV's, pero se conoce que, de todos, únicamente el *etileno*

puede ocasionar daño a las plantas, inhibiendo su capacidad de crecimiento (NAPCA, 1970). Además se ha demostrado caída de flores, malfuncionamiento de hojas bajo concentraciones de *etileno* desde 0.001 a 0.5 partes por millón (ppm). (Wark, Warner and Wayne 1998)

Finalmente, el efecto ambiental que tienen los COV's en la atmósfera se ve demostrado por su participación en la reacciones fotoquímicas, siendo éstos precursores de los contaminantes conocidos como oxidantes fotoquímicos, entre ellos el más conocido es el Ozono (O_3); la oxidación fotoquímica es la responsable de la formación del *smog*.



Imagen 6-1. Contaminación atmosférica sobre Quito

La participación de los COV's en las denominadas reacciones fotoquímicas

incluye su reactividad con el óxido de nitrógeno (NO) bajo la incidencia de la luz del sol para formar ozono troposférico (Wark, Warner y Wayne, 1998).

6.1 Conceptos y compuestos involucrados

Según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (USEPA): COV's son cualquier compuesto de carbono que participe en reacciones atmosféricas fotoquímicas, *excepto* monóxido de carbono, dióxido de carbono, ácido carbónico, carburos metálicos y carbonato de amonio, también se excluyen a los siguientes, determinados por su reducida reactividad fotoquímica:

- Metano
- Etano
- Diclorometano
- 1,1,1-tricloroetano (metil cloroformo)
- 1,1,2-tricloro-1,2,2-trifloroetano (CFC-113)
- Triclorofluorometano (CFC-11)
- Diclorodifluorometano (CFC-12)
- Clorodifluorometano (HCFC-22)

- Triflorometano (HFC-23)
- 1,2-dicloro-1,1,2,2-tetrafluoroetano (CFC-114)
- Chloropentafluoroetano (CFC-115)
- 1,1,1-trifluoro-2,2-dicloroetano (HCFC-123)
- 1,1,1,2-tetrafluoroetano (HFC-134a)
- 1,1-dicloro-1-fluoroetano (HCFC-141b)
- 1-cloro-1,1-difluoroetano (HCFC-142b)
- 2-cloro-1,1,1,2-tetrafluoroetano (HCFC-124)
- Pentafluoroetano (HFC-125)
- 1,1,2,2-tetrafluoroetano (HFC-134)
- 1,1,1-trifluoroetano (HFC-143a)
- 1,1-difluoroetano (HFC-152a)
- Paraclorobenzotrifluoruro (PCBTF)
- Ciclicos, ramificados, o lineales completamente metilados siloxanos
- Acetona
- Percloroetileno (tetracloroetileno)
- 3,3-dicloro-1,1,1,2,2-pentafluoropropano (HCFC-225ca)
- 1,3-dicloro-1,1,2,2,3-pentafluoropropano (HCFC-225cb)
- 1,1,1,2,3,4,4,5,5,5-decafluoropentano (HFC 43-10mee)
- Difluorometano (HFC-32)
- Etilfluoruro (HFC-161)
- 1,1,1,3,3,3-hexafluoropropano (HFC-236fa)
- 1,1,2,2,3-pentafluoropropano (HFC-245ca)
- 1,1,2,3,3-pentafluoropropano (HFC-245ea)
- 1,1,1,2,3-pentafluoropropano (HFC-245eb)
- 1,1,1,3,3-pentafluoropropano (HFC-245fa)
- 1,1,1,2,3,3-hexafluoropropano (HFC-236ea)
- 1,1,1,3,3-pentafluorobutano (HFC-365mfc)
- Clorofluorometano (HCF-31)
- 1-chloro-1-fluoroetano (HCFC-151a)
- 1,2-dicloro-1,1,2-trifluoroetano (HCFC-123a)

- 1,1,1,2,2,3,3,4,4-nonafluoro-4-metiloxy-butano
(C F OCH) 4 9 3
- 2-(difluorometoxymetil)-1,1,1,2,3,3,3-heptafluoropropano
(CF) CFCF OCH) 3 2 2 3
- 1-etoxi-1,1,2,2,3,3,4,4, 4-nonafluorobutano (C F OC H)
4 9 2 5
- 2-(etoxidifluorometil)-1,1,1,2,3,3,3-heptafluoropropano
((CF) CFCF OC H) 3 2 2 2 5
- Compuestos de Metil acetato y perfluorocarbono que
pertenezcan a estas clases:
 - ✓ Cíclicos, ramificados, o lineales completamente
fluorinados alcanos.
 - ✓ Cíclicos, ramificados, o lineales completamente
fluorinados éteres sin insaturaciones
 - ✓ Cíclicos, ramificados, o lineales completamente
fluorinados aminas terciarias sin insaturaciones, y
 - ✓ Perfluorocarbonos que contengan sulfuros sin
insaturaciones y con sulfuros unidos solo a carbón
y fluoruro.

6.1.1 Contaminantes Peligrosos del Aire

Dentro del gran conjunto de COV's hay muchos que son considerados peligrosos por la EPA y por lo tanto son regulados por separado, se denominan Hazardous Air Pollutants (HAP's). Éstos contaminantes atmosféricos de mayor peligrosidad han sido codificados e identificados por esa misma agencia, se presentan en inglés en el anexo #1 (sección 20.1) con su respectivo código de servicios de resúmenes químicos (Chemical Abstract Service, CAS):

Dentro de ésta extensa lista de 189 sustancias peligrosas encontramos incluidos los siguientes COV's:

- 16 hidrocarburos, como hexano, isooctano y tolueno
- 148 compuestos orgánicos (con átomos distintos a C y H),
por ejemplo: metanol y cloruro de vinilo

- 64 halogenados, entre ellos tetracloruro de carbono, ácido cloroacético.
- 20 plaguicidas, como DDT, pentaclorofenol, paration.

6.1.2 Organoclorados

Bajo el término general de organoclorados se engloba un heterogéneo grupo de compuestos orgánicos, cuya característica común es contener uno o más átomos de cloro en su estructura, y que abarca una gran cantidad de aplicaciones como disolventes en pinturas y barnices, productos de limpieza en la industria textil y del metal, pesticidas y herbicidas, monómeros para producción de plásticos, etc.

Los compuestos organoclorados constituyen uno de los tipos de contaminantes atmosféricos que más preocupación ha despertado en las dos últimas décadas, debido a que incluye una gran cantidad de productos tóxicos para el ser humano cuya velocidad de degradación biológica en suelos y aguas es baja, lo que agrava sus efectos. Asimismo, estos compuestos son capaces también de generar radicales libres en la atmósfera, dañando de este modo la capa de ozono.

Tabla 6-1. Compuestos organoclorados contaminantes. Definidos por la EPA en el título III del CAAA

Tabla 1.

Compuestos organoclorados contaminantes definidos por la EPA en el Title III del CAAA [1].

<i>Alifáticos y cíclicos</i>		<i>Aromáticos</i>	<i>Oxigenados</i>	<i>Pesticidas y herbicidas</i>
<i>Saturados</i>	<i>Insaturados</i>			
cloroetano	cloropreno	benzotricloruro	ácido dicloroacético	más de 10
cloroformo	cloruro alílico	bifenilos policlorados	clorometil metil éter	
clorometano	cloruro de vinilo	cloruro de bencilo	dicloroetil éter	
1,2-dicloroetano	1,1-dicloroetileno	clorobenceno	1-cloro-2,3-	
1,1-dicloroetano	1,3-dicloropropeno	1,4-diclorobenceno	epoxipropano	
diclorometano	hexaclorobutadieno	hexaclorobenceno	2-cloroacetofenona	
1,2-dicloropropano	hexaclorociclopenta	2,3,7,8-tetraclorodibenzo-		
hexacloroetano	dieno	<i>p</i> -dioxina		
1,1,2,2-tetracloroetano	tetracloroetileno	2,3,7,8-tetraclorodibenzo		
tetracloruro de carbono	triclوروetileno	furano		
1,1,1-tricloroetano		1,2,4-triclorobenceno		
1,1,2-tricloroetano				

La variedad y relevancia medioambiental de estos productos se ve reflejada en el informe de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), "Clean Air Act Amendments" (CAAA) de 1990, en el que se identifican 189 contaminantes

atmosféricos, de los que más de 40 son organoclorados. En este informe se definen cinco categorías de hidrocarburos contaminantes, de las que todas, exceptuando los nitrogenados, incluyen hidrocarburos clorados, como se recoge en la Tabla 6-1.

Entre los procesos en que se emiten hidrocarburos clorados, el proceso de producción de cloruro de vinilo (VCM) constituye uno de los de mayor interés por su importancia industrial, puesto que se trata del monómero utilizado en la fabricación de PVC (Knapp, 2004).

La EPA discrimina contaminantes producidos por cada actividad industrial antropogénica; así, se han podido identificar los siguientes contaminantes producto de la fase de distribución/comercialización de combustibles:

- 2,2,4-Trimetilpentano
- Benceno
- Etilbenceno
- Dicloroetileno
- Hexano
- Metil ter-butil eter
- Materia Orgánica Policíclica como PAH-16, los 16 compuestos aromáticos policíclicos.
- Tolueno
- Xylenos (*o*, *m* y *p*)

6.1.3 Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos

Los compuestos aromáticos policíclicos, también incluidos dentro del grupo de los COV's pertenecen a la lista de los HAP's regulados por la EPA, son 16 y se detallan a continuación en inglés, se adjunta su número de registro del servicio de abstracts Químicos (CASR):

- Acenaphthene (83-32-9)
- Anthracene (120-12-7)
- Acenaphthylene (83-32-9)

- Benz(a)anthracene (56-55-3)
- Benzo(a)pyrene (50-32-8)
- Benzo(b)fluoranthene (205-99-2)
- Benzo(ghi)perylene (191-24-2)
- Benzo(k)fluoranthene (207-08-9)
- Chrysene (218-01-9)
- Dibenz(ah)anthracene (53-70-3)
- Fluoranthene (206-44-0)
- Fluorene (86-73-7)
- Indeno(123-cd)pyrene (193-39-5)
- Naphthalene (91-20-3)
- Phenanthrene ((85-01-8)
- Pyrene (129-00-0)

Los COV's son usados en una alta variedad de actividades antropogénicas; específicamente, en el presente caso, resulta de mayor interés su uso en combustibles como el propano, la gasolina, el combustible de aviación y otros destilados pesados como el diesel, debido básicamente a su facilidad de manipuleo en vehículos y medios de transporte de distinto tipo. Además, otro motivo de su intensivo uso es su fácil “desaparición” debido a la volatilización en el aire (productos solventes de limpieza, diluyentes, etc.) y por la capacidad que tienen de disolver sustancias (pinturas, tintas, ceras, etc.).

6.2 Características físico-químicas

Debido a la amplia gama de productos involucrados en el inmenso conjunto de COV's, es inexacto definir una serie de características que identifique a todo el grupo; sin embargo, se han podido generalizar algunos parámetros básicos:

- La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha definido a los COV's incluyendo a todos los compuestos orgánicos como “las sustancias cuya estructura química estaría conformada primordialmente por los elementos carbón (C) e hidrógeno (H), cuyas temperaturas de ebullición fluctúan entre los 50 y 260°C, excluidos sean los plaguicidas; esto nos dice

que a temperatura ambiente (alrededor de los 20°C) les es posible estar presentes en forma de gas o vapor”.

- El inventario de emisiones de Australia, en cambio define a los COV's como “aquellos compuesto químicos de cadenas o anillos de C que contengan también H, con presiones de vapor superiores a 2 milímetros de mercurio (2 mmHg ó 0.27 kPa) a 25°C excluyéndose el metano, dióxido y monóxido de carbono, ácido carbónico, carburos metálicos y sales carbonadas”.
- La vaporización vendrá dada relacionando la presión de vapor del líquido con la presión atmosférica de la zona. Puesto que al igualarse ambas presiones, el líquido pasa a formar fase vapor.
- La diferencia entre vapor y gas radica principalmente en que el vapor se encuentra en un estado menos estable que el gas, lo que le permite tener la capacidad de fácilmente volver a la fase líquida sin necesidad de ocupar mucha energía en el proceso.

Concretamente, la evaporatividad de las sustancias químicas involucradas en estos conceptos varía dependiendo de su presión de vapor. Cuando la presión de vapor del líquido es superior a la presión atmosférica, la volatilización se da de una forma muy “activa”, esto significa una gran fuga de vapor desde la superficie del líquido, es por ello que a productos altamente volátiles se los almacena en envases perfectamente sellados y presurizados.

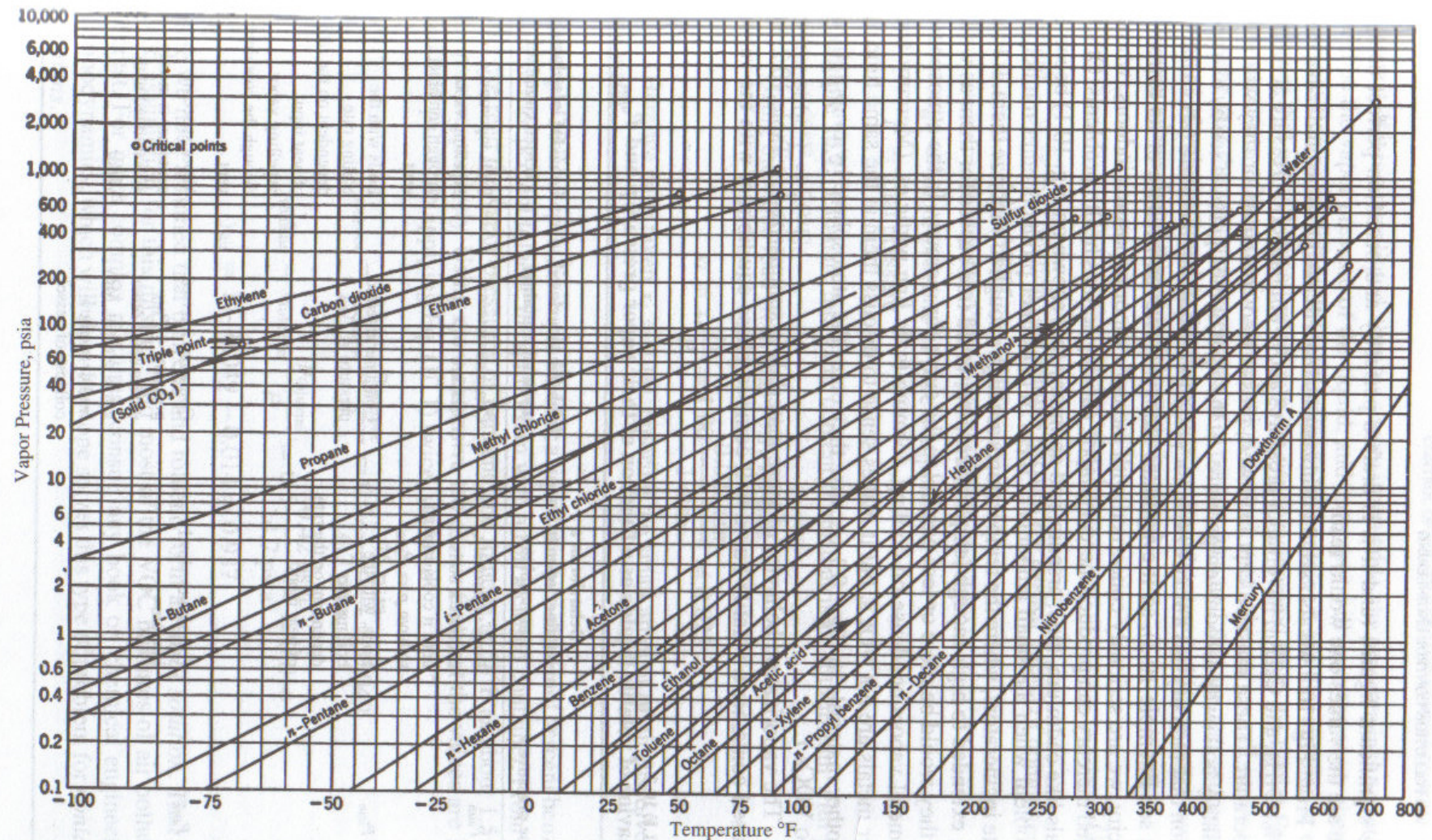


Gráfico 6-1. Volatilidad de algunos COV's y el agua (de Nevers, 2000).

En el gráfico 6-1₂ se presentan las relaciones que existen entre la presión de la temperatura (eje x) y vapor (eje y) de distintos líquidos orgánicos volátiles, y otros compuestos volátiles, el extremo derecho de cada una de las líneas representa el punto crítico del compuesto, dónde éste pasa de estado líquido a gaseoso, por ebullición.

Algunas sustancias con presiones de vapor por sobre la presión atmosférica a nivel del mar son (de Nevers, 2000):

- Etano (C_2H_6)
- Propano (C_3H_8)
- n-butano (C_4H_{10})
- Gas licuado de petróleo (GLP, composición variable)

El denominador común de los 3 primeros, son sus cadenas de carbonos cortas, característica que les permite tener pesos moleculares mucho menores, en comparación con compuestos de cadenas mas largas, por ejemplo las gasolinas que tienen decenas de cadenas de octanos (8 C).

Por su parte, los líquidos con presión de vapor igual a la barométrica (atmosférica) entrarán en un estado de ebullición agitado, una vez alcanzada dicha igualación. Pero, los líquidos volátiles cuya presión de vapor sea menor a la atmosférica, por ejemplo el agua, se mantienen con una actividad evaporativa más bien baja, en comparación con las anteriores.

6.3 Reacciones fotoquímicas

La importancia ambiental de los compuestos orgánicos volátiles (COV's) radica especialmente en su reactividad una vez presentes en la atmósfera. Se considera que el conjunto de los COV's, aparte de incluir a elementos que han sido reconocidos como cancerígenos, presenta una participación muy relevante en la producción de O_3 y de otros oxidantes fotoquímicos. Es por ello que la cuantificación de su presencia en la atmósfera quiteña y circundante al Distrito Metropolitano resulta de gran interés dentro de los esfuerzos de reducción de emisiones y consiguiente incremento de los índices calidad de aire en la constante búsqueda de precautelar la salud de sus habitantes.

Se consideran como oxidantes fotoquímicos a los compuestos capaces de oxidar el yoduro de potasio, éstos son (Wark, Warner y Wayne; 1998):

- Ozono (O_3)
- peroxoacetil nitrato (PAN)
- peroxibenzoil nitrato (PBN)
- peróxido de hidrógeno (H_2O_2)
- ácido fórmico ($HCOOH$)
- trazas de otras sustancias

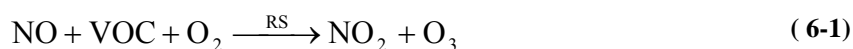
Los oxidantes fotoquímicos suponen un grupo secundario de contaminantes, siendo, pues, resultantes de una serie compleja de reacciones de otros contaminantes precursores. Los oxidantes que se presentan en concentraciones más altas son el O_3 y el Peroxoacetil Nitrato (PAN), consecuentemente son considerados como indicadores de niebla fotoquímica. Los aerosoles producidos durante las reacciones fotoquímicas son los responsables del color grisáceo del smog fotoquímico y de la resultante reducción de visibilidad (Wark, 1998).

Los principales reactivos necesarios para la producción de Ozono (O_3) y oxidantes fotoquímicos en la atmósfera terrestre son:

- Óxidos de nitrógeno (NO_x)
- Oxígeno molecular (O_2)
- Compuestos hidrocarburos (HC)
- Radical hidroxilo (OH)
- Otros radicales
- Radiación Solar

La obtención en la atmósfera de estos componentes de la ecuación (6-1) se da con facilidad, puesto que el oxígeno es un componente esencial del aire y la radiación solar es generada durante el día por el astro rey, ambos se encuentran presentes en el ambiente de forma natural. Por su parte, el monóxido de nitrógeno, los hidrocarburos y los demás reactivos son producidos de forma antropogénica en la superficie.

Un amplio número de reacciones atmosféricas que se dan de una forma simultánea se pueden expresar resumidas de la siguiente forma:



La presencia del hidrocarburo (COV) es vital para el desarrollo de la reacción fotoquímica; pero, no todos los COV's tendrán el mismo efecto sobre la producción de oxidantes fotoquímicos, éste término se verá muy afectado por la reactividad de cada uno de los COV's en estudio. Algunos parámetros de medida de reactividad son: la tasa de consumo de hidrocarburos, oxidación del óxido nítrico, formación de óxido, formación de aerosol, irritación de los ojos y daño a las plantas (Altshuler, 1971; Dimitriades, 1974; Pits, 1977).

Una explicación muy útil de la reactividad de los COV's es la llamada **reactividad incremental (ri)**; se define, específicamente, como el aumento de O₃ formado por cada unidad de COV añadida a la mezcla de COV's (Pits, 1977; US Comitee On Tropospheric Ozone Formation And Measurement, 1992; Wark, Warner y Wayne, 1998).

Se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$ri = \frac{\Delta[\text{ozono}]}{\Delta[\text{COV}]} \quad (6-2)$$

Donde:

ri= reactividad incremental

$\Delta[\text{ozono}]$ = Aumento en la concentración de O₃

$\Delta[\text{COV}]$ = aumento en la concentración de COV's

De la ecuación (6-2) se puede leer que el cambio en la concentración del ozono se dará de acuerdo al cambio de la concentración de COV's. Además, se ha identificado que la **ri** suele ser una función de la relación COV/NO_x en el aire.

En la tabla 6-2 se muestran los valores de **ri** para algunos COV's que fueron añadidos paulatinamente a una mezcla de 8 componentes urbanos conocidos con

diferentes relaciones de COV/NO_x, en un estudio realizado en 1990 en los Estados Unidos.

Tabla 6-2. Reactividad Incremental de algunos COV's (Carter y Atkinson, 1989)

Compound	VOC:NO _x ppbC:ppb				12 urban areas
	4	8	16	40	
Carbon monoxide	0.011	0.022	0.012	0.005	0.019
Ethane	0.024	0.041	0.018	0.007	0.030
<i>n</i> -Butane	0.10	0.16	0.069	0.019	0.124
<i>n</i> -Octane	0.068	0.12	0.027	-0.031	0.081
Ethene	0.85	0.90	0.33	0.14	0.77
Propene	1.28	1.03	0.39	0.14	0.82
<i>trans</i> -2-Butene	1.42	0.97	0.31	0.054	0.81
Benzene	0.038	0.033	-0.002	-0.002	0.023
Toluene	0.26	0.16	-0.036	-0.051	0.106
<i>m</i> -Xylene	0.98	0.63	0.091	-0.025	0.50
Formaldehyde	2.42	1.20	0.32	0.051	1.26
Acetaldehyde	1.34	0.83	0.29	0.098	0.70
Benzaldehyde	-0.11	-0.27	-0.40	-0.40	-0.29
Methanol	0.12	0.17	0.066	0.029	0.147
Ethanol	0.18	0.22	0.065	0.006	0.19
Isoprene	nr	nr	nr	nr	0.70
α -pinene	nr	nr	nr	nr	0.21
Acetone	nr	nr	nr	nr	0.055
Methane	nr	nr	nr	nr	0.0025
Urban mix ^a	0.41	0.32	0.088	0.011	0.28

^aEight-component VOC mix used to simulate VOC emissions in an urban area in the calculations. Surrogate composition, in units of ppb compound per ppbC surrogate, was ethene, 0.025; propene, 0.0167; *n*-butane, 0.0375; *n*-pentane, 0.0400; isooctane, 0.0188; toluene, 0.0179; *m*-xylene, 0.0156; formaldehyde, 0.0375; and inert constituents, 0.113.
nr = not reported
Source: Carter and Atkinson (1989) [Reference 7].

El gráfico 6-2 muestra las relaciones que se crean en cuanto a la formación fotoquímica del Ozono frente a razones entre las concentraciones de COV/NO_x. Las líneas diagonales representan las concentraciones iniciales de COV/NO_x y sus respectivas razones, mientras que las líneas curvas son las isopletras de O₃ que simbolizan su concentración en el aire medida en ppm.

Adicionalmente se ha graficado estas mismas relaciones en tres dimensiones, mostrando desde un mejor ángulo la participación en el fenómeno de cada uno de los elementos descritos (O₃, COV, NO_x) véase gráfico 6-3.

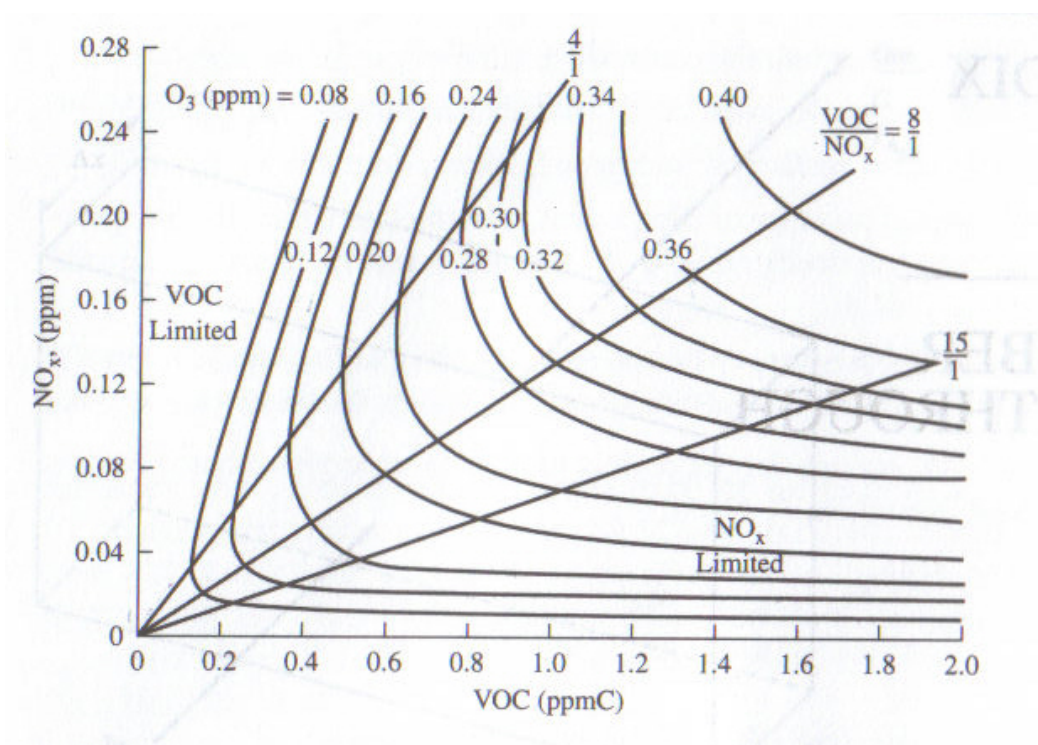


Gráfico 6-2. Isopletas de Ozono

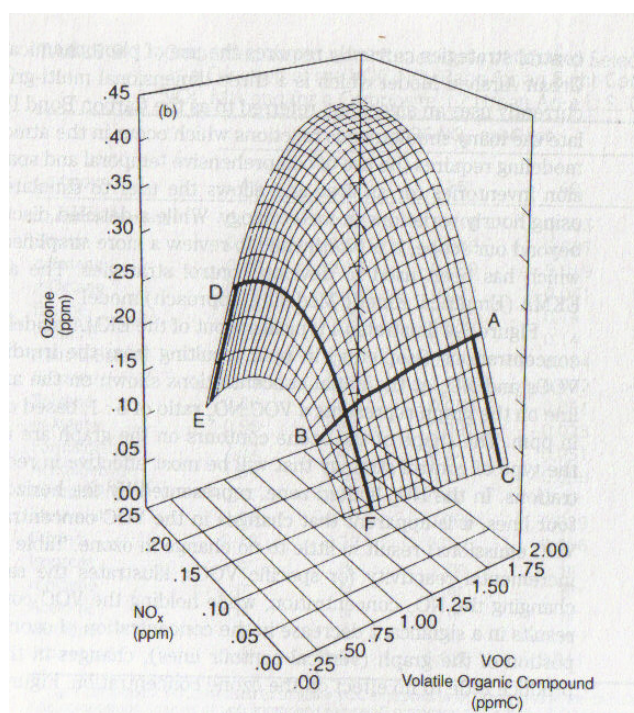


Gráfico 6-3. Isopletas de Ozono, 3D (Finlayson-Pitts B. y Pitts Jr., 1986).

E

n términos generales, el punto de preocupación acerca de las afectaciones a la salud por

COV's se ve alimentado en gran medida por su función como precursores de oxidantes fotoquímicos, que presentan impactos en la salud evidentes.

Por otro lado, la Organización Mundial de la Salud (OMS) presenta una lista que ilustra los efectos en la salud, las concentraciones ambientales promedio y los riesgos unitarios que traen consigo las exposiciones a esas concentraciones, tabla 6-3.

Tabla 6-3 Efectos cancerígenos de algunos contaminantes (OMS, 2000)

Compuesto	Concentración Ambiental Promedio	Efecto en la salud	Riesgo Unitario
	[ug/m3]		[ug/m3] ⁻¹
Acetaldehído	5	Tumores nasales (ratas)	(1,5-9)E-9
Benceno	5,0-20,0	Leucemia (trabajadores expuestos)	(4,4-7,5)E-6
Bis(clorometilo) éter	sin datos	Epiteliomas (ratas)	8,30E-03
Cloroformo	0,3-10	Tumores en hígado (ratas)	4,20E-07
1,2 dicloroetano	0,07-4	Formación de tumores (roedores)	(0,5-2,8)E-6
Emisiones diesel	1,0-10,0	Cáncer al pulmón (ratas)	(1,6-7,1)E-5
Hidrocarburos aromáticos Policíclicos	(1-10)E-3	Cáncer al pulmón (humanos)	8,70E-02
1,1,2,2-tetracloroetano	0,1-0,7	Carcinomas hepatocelulares (ratones)	(0,6-3,0)E-6
Tricloroetileno	1,0-10,0	Tumores celulares (ratas)	4,30E-07

6.3.1 Benceno

De los contaminantes y efectos mostrados en la tabla 6-3 es necesario dar especial énfasis al Benceno (C₆H₆). Tras la revisión de bibliografía se ha reconocido una importante lista de estudios relacionados a su toxicidad y efectos sobre la salud, estudios que denotan con firmeza su peligrosidad para la salud de los seres vivos, en especial la de seres humanos.

El benceno es incoloro, pero tiene un agradable aroma a concentraciones de 1.5 a 4.5 partes por millón (ppm), el máximo nivel permisible en sitios de trabajo en los EUA es de 1 ppm (U.S. Department of Health and Human Services, 1992).

Específicamente, se le han atribuido efectos serios sobre el sistema nervioso central y se cree que puede afectar al sistema inmunológico; propiamente, concentraciones severas de benceno que han causado mortalidad demuestran haber

provocado asfixia, arresto respiratorio, depresión del sistema nervioso central, o arritmia cardíaca; además, resultados patológicos de casos fatales han incluido inflamación del tracto respiratorio, hemorragias pulmonares, congestión de riñón y edema cerebral; además de ser conocido como causante de anemia (en concentraciones críticas) y leucemia. (U.S. Department of Health and Human Services, 1992)

Un estudio local afirma posibles correlaciones cromosómicas por exposición a benceno tolueno y xileno (BTX); además, asegura que individuos expuestos a BTX presentan más síntomas neurológicos y respiratorios que aquellos expuestos a concentraciones menores. Esas conclusiones, a pesar de no ser demostraciones, se consideran por el autor como indicios de toxicidad (Harari, 2005).

Durante las operaciones de reabastecimiento de combustible de los automóviles se han llegado a registrar niveles de hasta 10 mg/m^3 de benceno (International Programme On Chemical Safety - WHO, 1993)

6.4 Consideraciones finales acerca de los COV's

Los compuestos orgánicos volátiles pueden generar efectos adversos para la salud de seres humanos -influyendo directamente en la morbilidad y mortalidad-, sobre la vegetación, sobre la calidad del aire ambiente y sobre la visibilidad, y finalmente sobre la productividad.

La absorción de COV's por el organismo de seres vivos no es completa, estudios de laboratorio han demostrado que no toda la dosis inhalada es retenida por los pulmones, pero se asegura que al menos un 50% es asimilado (USEPA, 1999).

La gama de miembros del gigantesco grupo de los COV's es muy extensa y variada consecuentemente el número de fuentes de emisión potenciales y comprobadas que los producen se ve extendido puesto que existe un alto número de actividades y procesos con capacidad de formación de COV's.

Ha sido identificado que de las fuentes de emisión de COV's en el DMQ y su área de influencia, en un gran porcentaje se realizan actividades relacionadas al transporte y

a los derivados de petróleo, incluyéndose aquí a las actividades de almacenamiento y distribución de combustibles, la presencia de COV's en los combustibles les permite un alto nivel de transporte a lo largo de los centros urbanos.

En el caso de los combustibles bajo análisis en este documento, cabe destacar que, tras la tendencia mundial de reducción de concentraciones de plomo en la composición de los productos, los procesos de refinación ahora incluyen compuestos aromáticos en su lugar -con el fin de elevar el octanaje de las gasolinas-, el benceno es uno de ellos, a pesar de que las concentraciones son relativamente bajas (véase sección 7.2.1), su presencia no deja de ser evidente.

La exposición de seres humanos a COV's se ve agravada por la cercanía de su residencia y/o lugar de trabajo a las fuentes de emisión. Así, se asegura que trabajadores de centros de gestión de combustibles son los más expuestos a vapores de VOC's, elevando su exposición dependientemente de las horas de trabajo que les mantengan cerca de la fuente de emisión. También, quienes habitan cerca de fuentes de emisión se ven expuestos a inhalar variables concentraciones de COV's producto de la evaporación de las gasolinas en esas fuentes.



Imagen 6-2. Atmósfera sobre Quito en un día de semana al azar, a las 9 am.

7 COMBUSTIBLES

La fuente de compuestos orgánicos volátiles evaporativos considerada para el presente inventario son los combustibles derivados de petróleo, también conocidos como combustibles fósiles.

El distribuidor oficial de combustibles derivados de petróleo en el Distrito Metropolitano de Quito y su área de influencia es la empresa estatal Petrocomercial, filial de PETROECUADOR; Petrocomercial tiene a su cargo la cobertura de la demanda de combustibles y lleva a cabo la distribución a gran escala, es decir que provee a las compañías comercializadoras quienes, a su vez, se encargan de entregar el producto al consumidor final.

Petrocomercial distribuye en el mercado los denominados *productos limpios*, esto es, productos de la refinación y destilación del petróleo crudo, libres de impurezas. Estos productos son los distribuidos a los consumidores finales. En el presente estudio se han considerado los combustibles más comunes, que vienen a ser los de mayor demanda y, por consiguiente, de mayor representatividad en el mercado:

- Gasolinas Super
- Gasolina Extra
- Diesel Oil 1 (Destilado #1)
- Diesel Oil 2
- Diesel PREMIUM
- Gasolina de Aviación (Avgas)
- Combustible de avión (Jet A-1)
- Gas Licuado de Petróleo (GLP)

Estos combustibles son producto de un proceso de refinado del petróleo crudo basado en la destilación. Además de éstos, existen otros productos de la refinación (parafinas, solventes, aceites lubricantes, combustibles pesados como el búnker, asfaltos, etc.) que no son tomados en consideración en el presente inventario.

7.1 Obtención de productos limpios

El petróleo es un combustible fósil de composición altamente compleja constituida por un alto número de hidrocarburos. En forma general, se puede decir que contiene lo siguiente:

- 84%: Carbono
- 14%: Hidrógeno
- 1-3%: compuestos de azufre
- <1%: compuestos de nitrógeno (como Carbono e Hidrógeno)
- <1%: compuestos oxigenados
- <1%: metales (como hierro, níquel, cromo, vanadio, cobalto)

Los compuestos con concentraciones minoritarias se presentan en cantidades sumamente bajas, del orden de partes por millón.

Para que las características energéticas del petróleo puedan ser aprovechadas en el mercado, es necesario que éste pase por procesos de refinado, de allí se obtienen los denominados *productos limpios*

En términos generales, la refinación del petróleo es un conjunto de procesos de destilación a distintas temperaturas. Esto ocurre en una infraestructura instalada denominada torre de destilación. Dicha torre se encuentra dividida internamente en distintos pisos, los cuales, únicamente, permiten el paso de vapores y no de líquidos. Inicialmente, el petróleo crudo (que proviene del yacimiento del subsuelo) es calentado a una temperatura de 400°C, de tal forma que entre vaporizado a la torre de destilación. Acto seguido, los vapores pasan a través de los pisos y poco a poco se van enfriando, dejando condensados en cada uno de ellos, esos condensados son los denominados *productos limpios*.

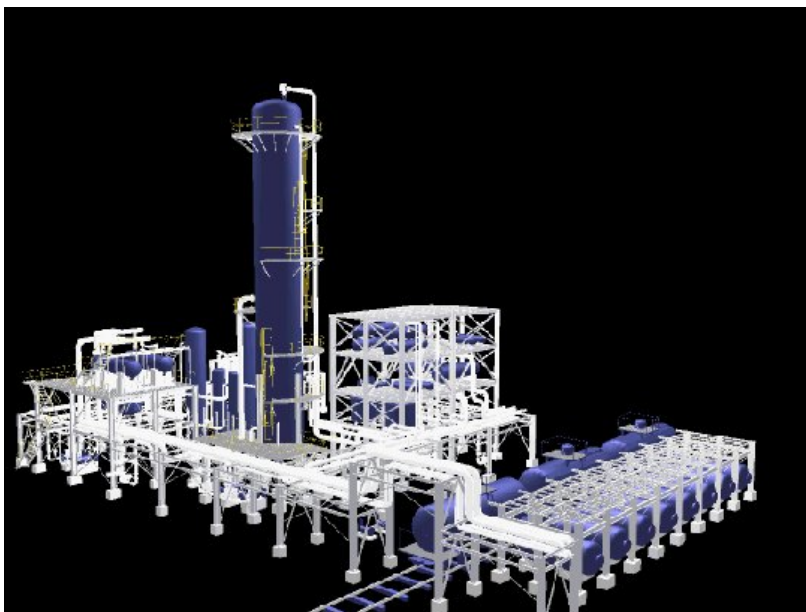


Imagen 7-1 Torre de destilación (www.asuni.es)

Los primeros vapores que se condensan son los del gasóleo pesado, a 300°C aproximadamente; después, el gasóleo ligero a 200°C; luego, la kerosina (kerosene) y la nafta a 175 °C; por último, la gasolina y los gases combustibles que salen de la torre de fraccionamiento todavía en forma de vapor a 100°C, esta última fracción se envía a otra torre de destilación en donde se separan los gases de la gasolina.

El proceso, los productos y residuos - y sus usos comerciales - del refinado se ilustran en el esquema de la imagen 7-2.

7.2 Productos del refinado de Petróleo (productos limpios)

De la torre de destilación primaria se obtiene una gran cantidad de fracciones de la destilación del petróleo, esas fracciones son los productos que finalmente serán usados en el plano comercial para el consumo de la sociedad en sus actividades cotidianas.

De acuerdo a sus características físico-químicas (como la temperatura de ebullición y la composición molecular), las especies que se encuentran en los distintos pisos se pueden clasificar de acuerdo a la tabla 7-1.

Comparando la tabla 7-1 con la imagen 7-2, se puede identificar que los compuestos con las cadenas más cortas se encuentran en la parte superior de la columna de destilación, esto por tener pesos moleculares (promedios) mas bajos que las fracciones de destilación de las últimas filas de la tabla 7-1. En efecto, menos átomos de carbono en sus moléculas representan menor peso molecular, por lo tanto, esto se verá reflejado en que su volatilidad sea más elevada, debido esencialmente a que requieren de menor cantidad de energía para excitar su cinética intramolecular.

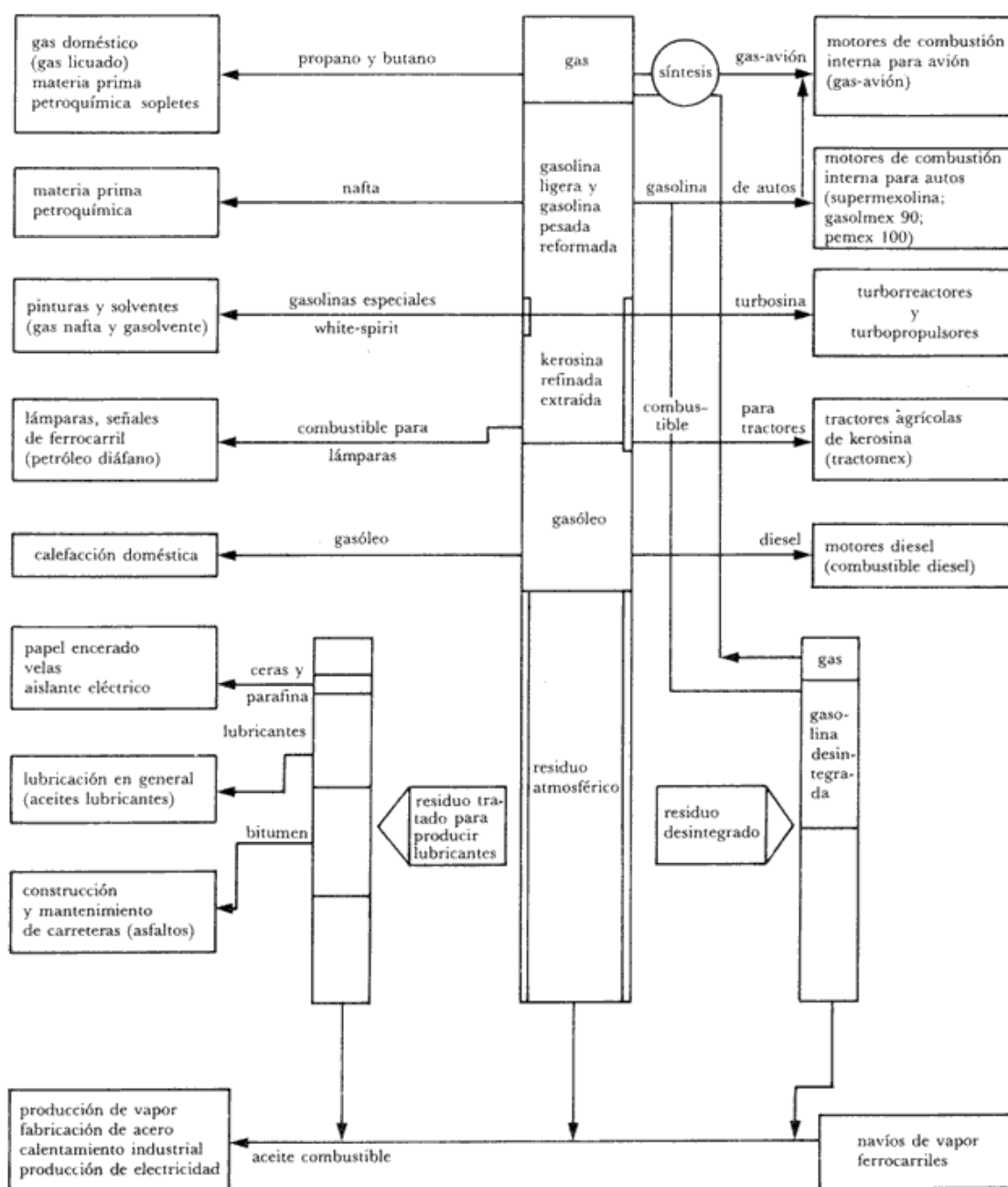


Imagen 7-4 Usos comerciales de Productos y Residuos, y Diagrama del flujo del Refinado de Petróleo

Tabla 7-1 Productos obtenidos de la destilación fraccionada (omega.ilce.edu.mx)

Fracción	Átomos de C por cada molécula
Gas incondensable	C ₁ -C ₂
Gas licuado de petróleo (GLP)	C ₃ -C ₄
Gasolina	C ₅ -C ₉
Kerosene	C ₁₀ -C ₁₄
Gasóleo	C ₁₅ -C ₂₃
Lubricantes y parafinas	C ₂₀ -C ₃₅
Combustóleo pesado (búnker)	C ₂₅ -C ₃₅
asfaltos	>C ₃₉

Consecuentemente, para fines del presente estudio, los compuestos con menores pesos moleculares serán de mayor interés, puesto que son los que tendrán menor tensión superficial y permitirán mayor escape de vapores orgánicos.

A continuación, se describe a cada uno de ellos, mencionando sus características generales y los requerimientos nacionales de calidad exigidos por el Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización, INEN (Petrocomercial; 2002).

7.2.1 GASOLINAS

Las gasolinas para autos contienen hidrocarburos de todos los grupos, con temperaturas de ebullición entre los 30 y 205°C, las fracciones componentes de la gasolina se evaporan fácilmente y gracias a ello pueden formar con el aire atmosférico mezclas en diferentes proporciones, denominadas mezclas carburantes (Petrocomercial; 2002).

La gasolina es producida mediante mezcla de varias fracciones básicas como butano, nafta ligera, nafta pesada, nafta debutanizada, nafta tratada y nafta reformada, productos obtenidos en procesos de destilación atmosférica, craqueo catalítico y reformación catalítica. La mezcla de estos productos se hace en proporciones que

cumplen con la norma técnica, especialmente en lo referente al contenido de hidrocarburos aromáticos (por ser altamente cancerígenos).

Concretamente, la Unidad de Control de Calidad de la refinería estatal ha reportado concentraciones puntuales del contenido de benceno, aromáticos y olefinas en gasolinas extra y super, resultados resumidos en la tabla 7-2. Nótese que las concentraciones de benceno están por debajo del 1.10% en volumen, mientras que las de compuestos aromáticos superan el 25% volumen, en el caso de la gasolina Super.

Tabla 7-2. Concentraciones de Benceno, Aromáticos y Olefinas en gasolinas Extra y Super*

	Gasolina Super (RON 89)			Gasolina Extra (RON 80)		
	Benceno %V	Aromáticos %V	Olefinas %V	Benceno %V	Aromáticos %V	Olefinas %V
Muestra 1	0,9	28	19	0,5	19	17
Muestra 2	1,1	25	22	0,7	18	17
Muestra 3	1,2	27	22	0,8	18	17
Muestra 4	0,35	25	21	0,8	14	18
Muestra 5	1,2	27	23	0,75	18	15
Muestra 6	1	16,2	24,1	0,8	14	16
Muestra 7	1,8	28	23	0,92	20	13
Promedio	1,08	25,17	22,01	0,75	17,29	16,14

Fuente: Unidad de Control de Calidad, refinería estatal Esmeraldas, Julio 2005

* Concentraciones en porcentaje en volumen, datos registrados para el mes de julio del 2005

7.2.1.1 La Gasolina Extra

Tabla 7-3 Requisitos de calidad de gasolina EXTRA

Requisitos	Unidad	Mínimo*	Máximo	Método Ensayo
Número de Octan Research	RON	80	--	*
Ensayo de Destilación				
10%	°C	--	70	INEN 926
50%	°C	77	121	INEN 926
90%	°C	--	190	INEN 926
Punto Final	°C	--	220	INEN 926
Residuo	% en V	--	2	INEN 926
Relación Vapor Líquido a 60°C	--	--	20	INEN 932
Corrosión Lámina de Cobre	--	--	Nº 1	INEN 927
Presión de Vapor REID	KPa **	--	62	INEN 928
Contenido de Gomas	mg/100 cm3	--	5	INEN 933
Contenido de Azufre	% en peso	--	0.20	INEN 929
Estabilidad a la Oxidación	min	240		INEN 934

* Hasta que se formule la NTE INEN, se recomienda usar la norma ASTM D 2699

** 1 kPa = 0.01 kgf/cm2 = 0.10 N/cm2 = 0.145 lbf/pulg2

Fuente: Unidad de Programación de Abastecimiento de Combustibles, Petrocomercial

Es utilizada en vehículos cuyos motores tienen una relación de compresión moderada.

7.2.1.2 La Gasolina Super

Es utilizada en vehículos cuyos motores tienen una relación de compresión alta, los hidrocarburos, especialmente isoparafínicos y aromáticos presentes en este tipo de gasolina, resisten altas presiones y temperaturas sin llegar al rompimiento de moléculas.

Tabla 7-4 Requisitos de calidad de gasolina SUPER

Requisitos	Unidad	Mínimo*	Máximo	Método Ensayo
Número de octano research	RON	89	--	*
Número de octano motor	RON	82	--	*
Ensayo de destilación				
10%	°C	--	70	INEN 926
50%	°C	77	121	INEN 926
90%	°C	--	200	INEN 926
Punto final	°C	--	220	INEN 926
Residuo	% en V	--	2	INEN 926
Relación vapor líquido a 60°C	--	--	20	INEN 932
Corrosión lámina de cobre	--	--	Nº 1	INEN 927
Presión de vapor Reid	kPa**	--	62	INEN 928
Contenido de gomas	mg/100 cm ³	--	5	INEN 933
Contenido de azufre	% en peso	--	0.20	INEN 929
Estabilidad de la oxidación	min	240	--	INEN 934

* Hasta que se emita la NTE INEN, se recomienda usar las normas ASTM D 2699 y D 2700

** 1 kPa = 0.01 kgf/cm² = 0.10 N/cm² = 0.145 lbf/pulg²

Fuente: Unidad de Programación de Abastecimiento de Combustibles, Petrocomercial

7.2.2 DESTILADOS MEDIOS

La segunda fracción importante que se obtiene en la destilación atmosférica del petróleo, es la conocida como destilados medios, que comprenden los productos Diesel 1, Jet A-1, Diesel 2 y Diesel Premium.

7.2.2.1 DIESEL 1

Los componentes de este producto son hidrocarburos que destilan entre los 200°C y 300°C, los hidrocarburos más importantes que entran en la composición

química de este combustible son parafínicos, isoparafínicos, aromáticos (mono y bicíclos), nafténicos y estructuras mixtas nafteno-aromático.

Tiene una buena combustión, con llama blanca amarillenta debido al bajo contenido de hidrocarburos aromáticos. La apariencia del producto es blanca transparente y la acidez orgánica expresada en mg de KOH/ 100 ml, no sobrepasa de 1,4 %, lo cual evita la acción corrosiva sobre los metales. (Petrocomercial, 2003)

Por su alto poder calorífico, es utilizado como combustible de uso industrial, especialmente en la industria de la cerámica y en las áreas rurales es de uso doméstico. Se utiliza como diluyente en la preparación de la capa de rodadura de las carreteras. En la comercialización de los combustibles marinos es usado como diluyente para ajuste de la viscosidad en la preparación de los IFO (Fuel Oil Intermedio); en el transporte de hidrocarburos por poliductos se utiliza como interfase para la separación de productos.

Tabla 7-5 Requisitos de calidad de DIESEL 1

Requisitos	Unidad	Mínimo*	Máximo	Método Ensayo
Punto de inflamación	°C	40	--	INEN 1047
Corrosión Lámina de Cobre	--	--	Nº 2	INEN 927
Temperatura de Destilación 90%	°C	--	288	INEN 926
Agua y Sedimentos	% en V	--	0.15	INEN 1494
Índice de Cetano Calculado	--	40	--	INEN 1495
Residuo Carbonoso Sobre el 10% del Residuo	% en peso	--	0.15	INEN 1491
Cenizas	% en peso	--	0.01	INEN 1492
Viscosidad Cinemática 38°C	cSt	1.3	3.00	INEN 810
Contenido de Azufre	% en peso	--	0.30	INEN 1049
Calor de Combustión	KJul/Kg.	--	45914	ESTIMADO

Fuente: Unidad de Programación de Abastecimiento de Combustibles, Petrocomercial

7.2.2.2 DIESEL 2

Es la fracción más pesada que se obtiene del petróleo por destilación atmosférica, por lo tanto es la fracción que destila entre la temperatura que termina la destilación del Diesel 1 y aquella temperatura hasta la cual se puede calentar el petróleo sin que se produzca rompimiento de moléculas (craqueo).

Los hidrocarburos presentes en este combustible son de carácter saturado como los parafínicos, nafténicos, así como aromáticos y de carácter mixto. Tiene baja resistencia al autoencendido, es decir, se enciende por compresión y su tensión superficial baja permite la fácil pulverización en los inyectores, su bajo contenido de azufre admite la utilización de lubricantes con bajo contenido de alcalinidad (número de TBN).

Se utiliza en motores de autoencendido por compresión, motores utilizados en el transporte pesado, en sector naviero de cabotaje, turbinas de generación eléctrica, motores estacionarios de diverso tipo utilizados en la industria, en calderos para la generación de vapor, etc.; también, se utiliza como diluyente en la preparación de los combustibles marinos IFO.

Tabla 7-6 Requisitos de calidad de DIESEL 2

Requisitos	Unidad	Mínimo*	Máximo	Método Ensayo
Punto de inflamación	°C	51	--	INEN 1493
Corrosión lámina de cobre	--	--	Nº 3	INEN 927
Temperatura de destilación 90%	°C	--	370	INEN 926
Agua y sedimentos	% en V	--	0.05	INEN 1434
Índice de cetano calculado		45		INEN 1495
Residuo carbonoso sobre el 10% del residuo	% en peso	--	0.15	INEN 1491
Cenizas	% en peso	--	0.01	INEN 1492
Viscosidad cinemática 37.8°C	cSt	2.5	6.00	INEN 810
Contenido de azufre	% en peso	--	0.70	INEN 1490
Poder calorífico				

Fuente: Unidad de Programación de Abastecimiento de Combustibles, Petrocomercial

7.2.2.3 DIESEL PREMIUM

Llamado también diesel *ecológico* es un combustible obtenido de la destilación primaria del petróleo. Es un destilado medio que se encuentra entre el kerex y el aceite lubricante. Como el Diesel 2, es la fracción más pesada que se obtiene del petróleo por destilación atmosférica, la fracción que destila entre la temperatura que termina la destilación del Diesel 1 y aquella temperatura hasta la cual se puede calentar el petróleo sin que se produzca rompimiento de moléculas (craqueo).

Como en el Diesel 2 sus componentes elementales son el carbono, el hidrógeno y el azufre, los hidrocarburos presentes en este combustible son de carácter saturado como los parafínicos, nafténicos, así como aromáticos y de carácter mixto. Tiene resistencia baja al autoencendido, es decir, se enciende por compresión y su tensión superficial baja permite la fácil pulverización en los inyectores, su bajo contenido de azufre admite la utilización de lubricantes con bajo contenido de alcalinidad (número de TBN).

Este producto tiene un máximo del 0.05% de azufre, es decir 0.65% menos que el diesel 2. Esta característica cumple con las especificaciones de la Norma INEN 1489.

El Diesel Premium se obtiene disminuyendo el contenido de azufre del Diesel 2, se eliminan los compuestos de azufre mediante procesos catalíticos de inyección de Hidrógeno. Por tanto, tiene las mismas características que el diesel 2, únicamente varía la concentración de azufre.

Es utilizado en vehículos, que por regulaciones ambientales de control de emisiones, tienen motores diseñados para funcionar con combustibles con muy bajo contenido de azufre.

El menor porcentaje en peso de contenido de azufre en el diesel Premium hace posible:

- Reducir las emisiones de SO_2 y SO_3 .
- Disminuir el efecto corrosivo en los motores y accesorios metálicos de los vehículos.

7.2.2.4 JET FUEL (JET A-1)

Es una fracción de petróleo que se obtiene por destilación atmosférica y contiene componentes que destilan entre los 200 y 300° C, es utilizado exclusivamente en el sector de la aviación en motores tipo turbo reactor (turbina).

Los hidrocarburos más importantes que se encuentran presentes son parafinas e isoparafinas, aromáticos mono y bicíclicos, naftenos e hidrocarburos con estructura mixta nafteno aromática. (Petrocomercial; 2003)

Los hidrocarburos aromáticos se encuentran en una proporción máxima del 22%, esta condición es importante para obtener una buena combustión. El punto de inflamación debe ser de mínimo 41° C para evitar que la presencia de vapores muy volátiles produzca riesgo de incendio. (Petrocomercial;2003)

El Jet fuel se torna de un color amarillo-verdoso cuando contiene compuestos oxigenados que resultan de la oxidación de componentes con doble enlace (olefinas, ciclohexadinas, etc.), compuestos que se oxidan fácilmente, de ahí que es necesario someter al combustible a procesos de refinación que separen estos componentes, hasta obtener un producto blanco cristalino. (Petrocomercial;2003)



**Imagen 7-6 Sistema de recepción de JET A-1 para pruebas cortas y proceso de filtrado.
Ecuafuel (Aeropuerto Mariscal Sucre)**

Adicionalmente, este producto soporta regulaciones de calidad muy exigentes, como por ejemplo la reducción total del contenido de agua, el filtrado para evitar la presencia de partículas sólidas suspendidas, con el afán de asegurar su buen comportamiento a altitudes de vuelo en donde las condiciones de trabajo son extremas (bajas temperaturas y altas presiones). Por esta razón, es sometido a procesos de filtrado previo su despacho en el Terminal Beaterio, además atraviesa un complejo sistema de filtros granulares antes de su almacenamiento en los tanques de Ecuafuel (imagen 7-4), antes de la recarga a los auto tanques (imagen 7-5), y anterior a su ingreso a los depósitos de combustible de las aeronaves, en el aeropuerto Mariscal Sucre de Quito.



Imagen 7-8 Sistema de filtrado y pruebas cortas previo a ingreso a tanques



Imagen 7-9 Filtros para JET A-1 previo a despacho a autotanques

Tabla 7-7 Requisitos de calidad de JET A-1

Requisitos	Unidad	Mínimo*	Máximo	Método Ensayo
Punto de inflamación	°C	.	.	.
Punto de congelamiento	°C	-56.1		
Punto de Humo	mm	25		
Ensayo Destilación				
10% vol	°C	132		
50% vol	°C	163		
Punto Final	°C	233		
Residuo	% en V.	1.5		
Pérdidas	% en V.	1		
Acidez Total	mgKOH/gr.	0.003		
Corrosión Lámina de Cobre		1A		
Wsim		100		
Color Saybolt		25		
Presión de vapor Reid a 37.8°C	KPa	1.1		

Fuente: Unidad de Programación de Abastecimiento de Combustibles, Petrocomercial

7.2.2.5 GASOLINA DE AVIACION (AVGAS)

Gasolina utilizada en motores de combustión interna de alta compresión, como es el caso de los motores de aviación que requieren combustibles de octanaje del orden de los 100 a 130 octanos. Se obtienen mediante mezclas de diferentes corrientes en las cuales están presentes preferentemente hidrocarburos izoparafínicos, aromáticos, compuestos oxigenados o fracciones obtenidas mediante el proceso de etilización.

Es importado en su totalidad y se almacena en Ecuafuel – Guayaquil, y también en Quito en cantidades relativamente bajas (las necesarias únicamente para la comercialización).

Son gasolinas con propiedades antidetonantes muy altas, deben cumplir la condición de que el 97,5 % de las fracciones componentes deben destilar por debajo de los 180°C.

Por ser un producto de uso delicado, es sometido a un estricto control de calidad conforme a normas ASTM-910 y se expende en los aeropuertos de Guayaquil y Quito. Es utilizado por la aviación menor, es decir por avionetas que tienen motores a pistón. También es utilizado en pequeños volúmenes para mezclas en el automovilismo deportivo, por lo tanto su demanda en el mercado es baja, en relación a los demás combustibles enunciados en el presente inventario.



Imagen 7-11 Sistema de filtrado de AVGAS previo a su almacenamiento (Ecuafuel, Aeropuerto Mariscal Sucre)

7.2.3 GAS LICUADO DE PETROLEO (GLP)

Es una mezcla de propano (propano, propileno) y butano (normal, iso y butano) en una proporción de 40% y 60 %, respectivamente. Se obtiene mediante el procesamiento del gas asociado a los campos de producción de petróleo y en procesos de refinación.

El GLP es incoloro e inodoro, razón por la cual para su comercialización es necesario agregar odorizantes como los mercaptanos.

Su alto poder calorífico y combustión limpia, hacen de este producto un combustible multifuncional tanto para la industria, como para el comercio, el transporte y el uso doméstico.

El Gas licuado de petróleo es un compuesto sumamente volátil, al salir a la atmósfera ocupa 272 veces su tamaño, a una atmósfera (1 atm.) de presión se gasifica, si no está en estado acuoso. Al salir a la atmósfera también tiene la propiedad de que su temperatura baja repentinamente a -40°C.

Por estas características, resulta inapropiado que salga a la atmósfera. Es por ello que, como se presenta mas adelante (en el capítulo de *fuentes de emisión*) este producto es almacenado en un circuito cerrado que impide fugas a la atmósfera.

La densidad del producto fluctúa alrededor de los 540 Kg/m³ y se lo maneja a temperaturas entre los 18 y 23 °C.

7.3 Implicación de Combustibles en Inventario de emisiones evaporativas

Una vez obtenidos los combustibles en procesos de refinería, son llevados a centros de acopio a granel (terminales) y posteriormente a los centros de distribución (estaciones de servicio), véase imagen 7-8. En el caso del 'presente inventarios, se ha reconocido que tanto su almacenamiento y distribución a granel, como su distribución comercial ocurren dentro del área de trabajo.

En la imagen 7-7 se ilustra el ciclo de vida del petróleo, el recuadro representa la fase de la actividad que se evalúa en el presente estudio, esto es: desde terminales hasta vehículos de motor, esas actividades se desarrollan en el área de estudio (véase Capítulo 8, Área de Estudio).

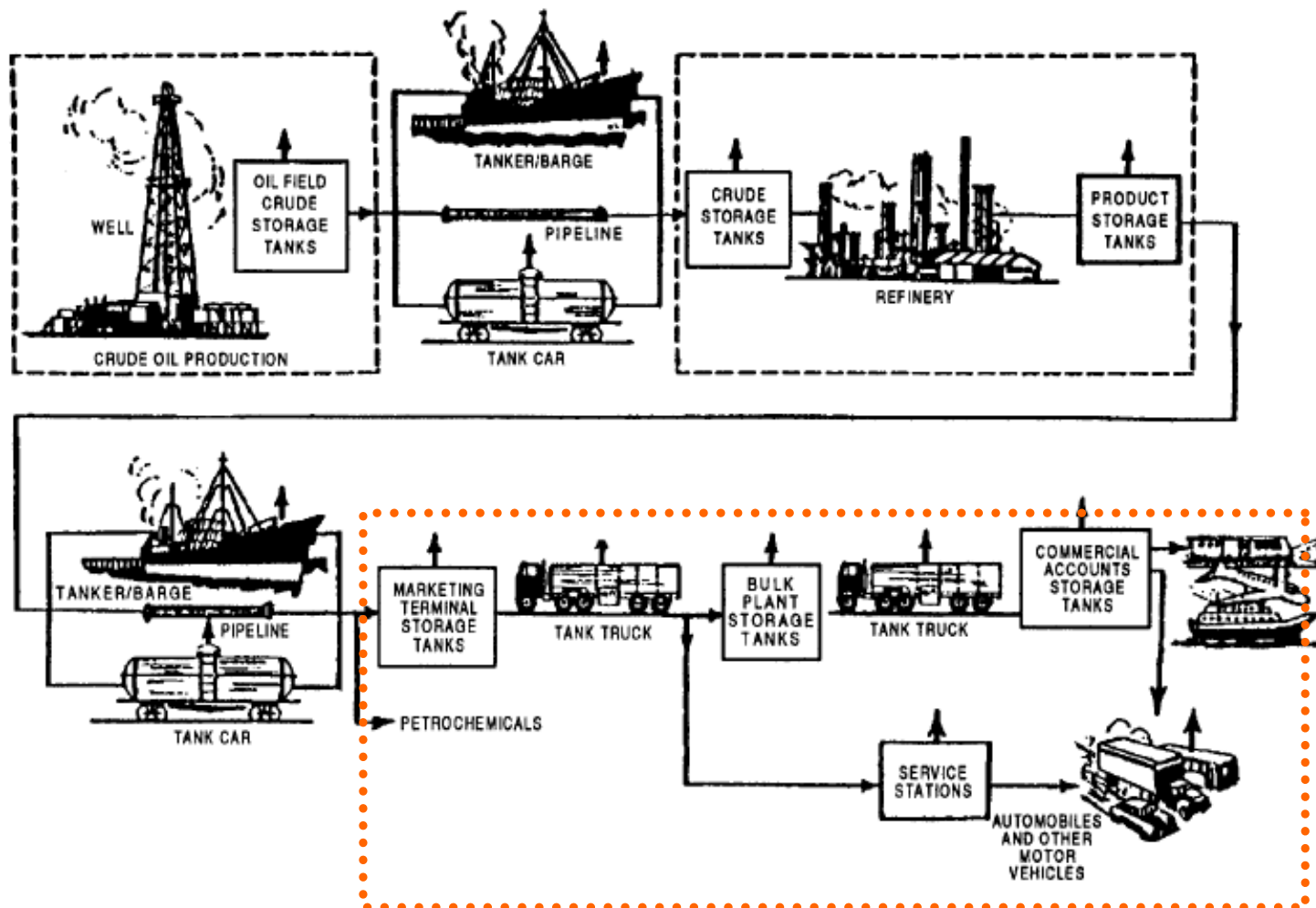


Imagen 7-13. Esquema de flujo de productos de la refinación del petróleo hasta su distribución a los consumidores finales. (EPA, 1995)

8 ÁREA DE ESTUDIO

El área en la que se desarrolla el presente inventario incluye al Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) y sus alrededores, comprendiendo un dominio que se describe a continuación.

8.1 Dominio

El dominio es el área que será considerada para el desarrollo del inventario, esto significa que todas las fuentes identificadas que se encuentren dentro del mencionado límite se incluyen en el inventario.

El dominio que delimita el área de inventario ha sido fijado como un cuadrado de 1° (Lat./Long.) de lado, en cuyo centro se emplaza el DMQ. Encierra a las parroquias incluidas en el DMQ así como a otras, puesto que se extiende a pequeñas partes de otras provincias además de Pichincha: Esmeraldas, Imbabura, Cotopaxi y Napo. Sin embargo, solo una pequeña parte de cada provincia es ocupada por el inventario, se ven incluidos segmentos de los siguientes cantones:

- Provincia Pichincha, Cantones: Quito, Rumiñahui, Mejía, Cayambe, Pedro Moncayo, Pedro Vicente Maldonado, San Miguel de los Bancos, Santo Domingo
- Provincia Imbabura, Cantones: Otavalo, Cotacachi, Ibarra, Antonio Ante
- Provincia Cotopaxi, Cantones: Latacunga, Sigchos, La Maná
- Provincia Napo, Cantones: Quijos, El Chaco, Archidona
- Provincia Esmeraldas, Cantón Quinindé

Los vértices del dominio se presentan en la tabla 8-1.

. En la imagen 8-1 se puede apreciar que los cantones de provincias distintas a la de Pichincha se encuentran involucrados de una forma poco relevante en términos de inventariar las fuentes de emisión; sin embargo, se debe considerar que en el futuro, en

esos puntos podrían aparecer eventuales fuentes de emisión que tendrían que ser citadas en inventarios posteriores.

Tabla 8-1 Coordenadas geográficas de los vértices del cuadro de dominio sobre el área de estudio del inventario de emisiones atmosféricas del DMQ

PUNTO	LAT-LONG							
	LATITUD				LONGITUD			
	°	'	"		°	'	"	
1	0	39	48,42296	S	79	3	27,91486	W
2	0	39	48,42296	S	78	3	27,91486	W
3	0	20	11,57704	N	78	3	27,91486	W
4	0	20	11,57704	N	79	3	27,91486	W

8.2 Grilla

La grilla es una cuadrícula que se traza sobre el área de estudio con el fin de delimitar unidades de análisis del inventario.

Dentro del desarrollo del inventario es necesario plantear la grilla que se superpondrá sobre la ubicación espacial de las fuentes de emisión. De esta forma, se busca especificar el estudio de manera que se puedan evaluar las emisiones dentro de cada uno de los cuadros, de ahí que cada cuadro tendrá un valor que represente sus emisiones acumuladas y finalmente se irán adicionando los resultados obtenidos en cada uno de ellos para llegar a tener un gran inventario total que represente toda el área de estudio.

La grilla de estudio del presente inventario es cuadriculada y tiene separaciones (lados de cada cuadrado menor) cada 15 segundos de latitud y longitud, de tal forma que en cada lado del dominio se tienen 240 cuadros, dando un total de 57600 en toda el área inventariada.

En términos espaciales, cada celda de la grilla representa aproximadamente 458 metros lineales en el terreno real, mientras que el dominio representa aproximadamente 110 Km. en cada uno de sus lados.

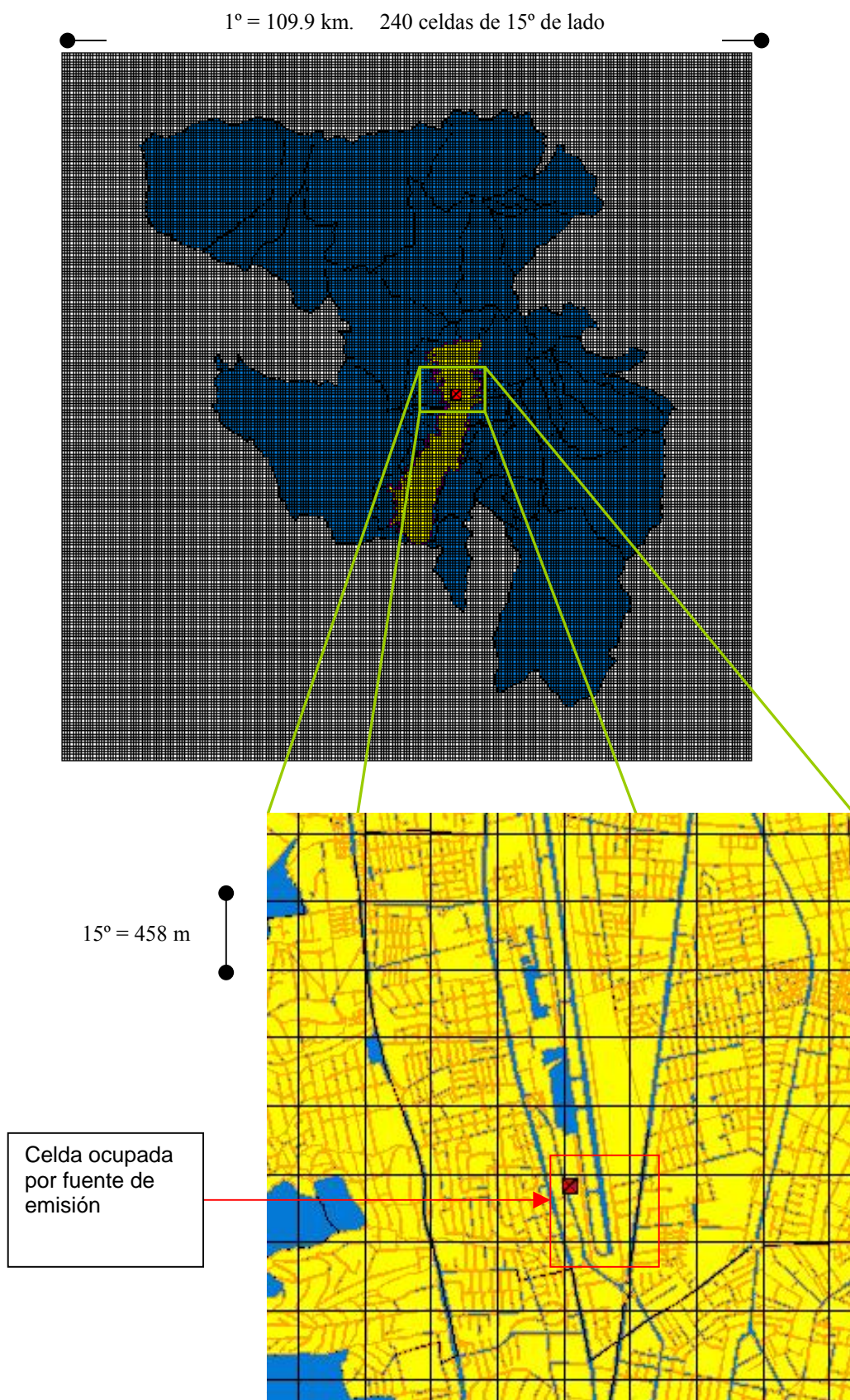


Imagen 8-3. Grilla de cálculo sobre el área de trabajo. Acercamiento sobre una fuente estacionaria puntual de emisión

En la imagen 8-2 se ilustra la función de la grilla. Inicialmente se muestra su ubicación sobre el área de estudio, imagen en la cual debido al alto número de divisiones, su visibilidad es baja, pero haciendo un acercamiento, se ve de mejor manera su aplicabilidad en la delimitación de zonas geográficas. Nótese que el símbolo en rojo (☒) simboliza una fuente puntual en el aeropuerto, y en la vista acercada se nota claramente que queda encerrado dentro de uno de los cuadros de la grilla.

9 METEOROLOGÍA

El comportamiento de la física atmosférica incide directamente en la producción de vapores de los compuestos orgánicos volátiles. Principalmente la volatilización, se ve catalizada en una relación directa por la temperatura del líquido orgánico, en este caso, el combustible. Desde el punto de vista productivo, la única fuente de energía representativa que afecta a la temperatura del líquido es definitivamente la temperatura ambiente. Sin embargo, otros factores ambientales también inciden en la producción de COV's (como vapores), especialmente la presión atmosférica, la velocidad del viento y la radiación solar.

La información a partir de la cual se ha tomado como referencia las características climatológicas del Distrito Metropolitano de Quito (D.M.Q.) es la presentada por tres instituciones que llevan a cabo el monitoreo continuo del estado meteorológico de la atmósfera, ellas son: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Quito (EMAAP) y la Corporación por el Aire de Quito (CORPAIRE) a través de la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico del Aire de Quito (REMMAQ). Estas tres instituciones operan estaciones meteorológicas de monitoreo extendidas a lo largo del DMQ, distribuidas de formas distintas, de acuerdo a sus necesidades institucionales específicas.

Así, el INAMHI administra tres (3) estaciones meteorológicas (imagen 9-1):

- Izobamba: al sur de la ciudad.
- Iñaquito: En el centro-norte de la urbe.
- La Tola: en Tumbaco, al este de Quito, en el valle de Cumbayá:

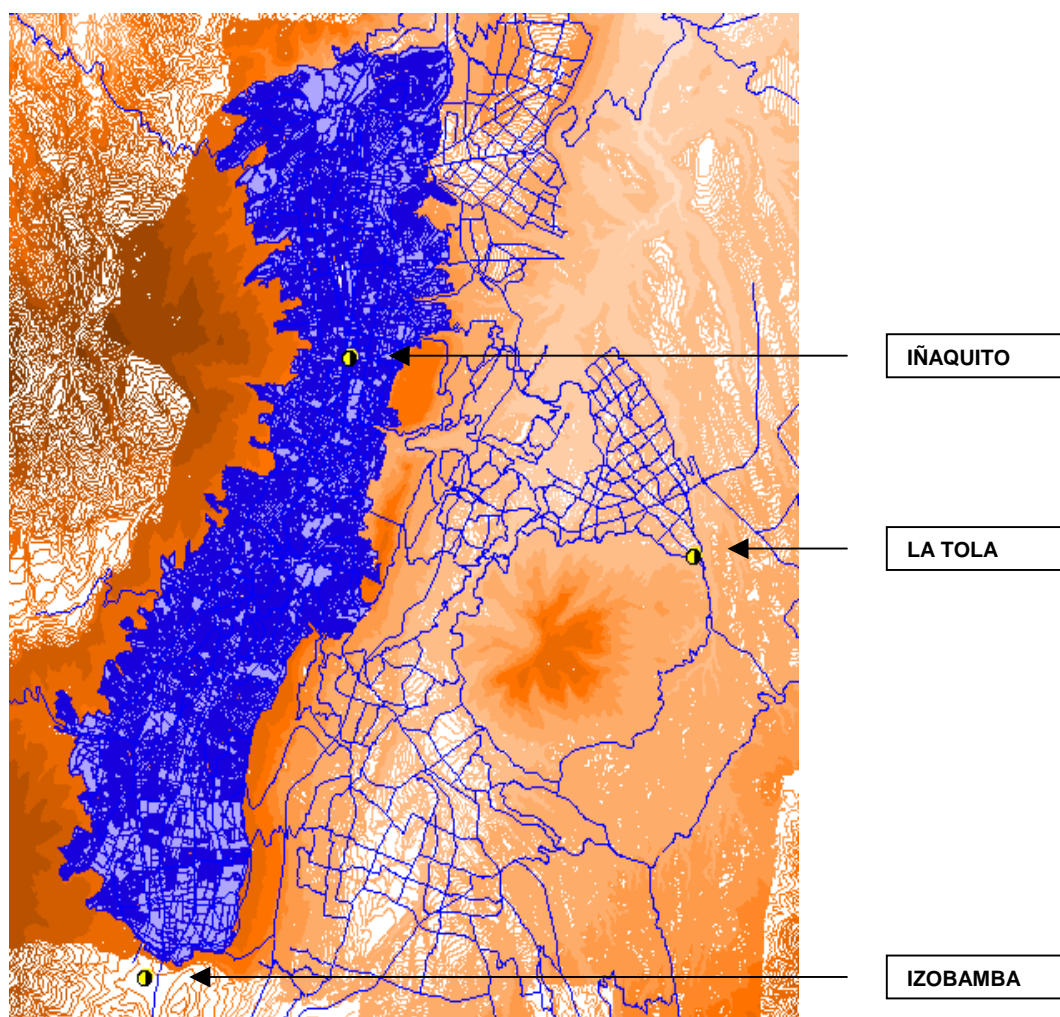


Imagen 9-1 Estaciones meteorológicas INAMHI en el área de trabajo

Por su parte, la EMAAPQ ha ubicado sus estaciones de una forma distinta (imagen 9-2):

- RUMIHURCO (1), también llamada RUMIPAMBA, sobre las colinas del Pichincha, estribación Oeste
- RUMIHURCO (2), sobre las colinas del Pichincha
- RUMIHURCO (3), sobre las colinas del Pichincha
- BELLAVISTA , en el extremo sur-occidental del límite urbano de Quito
- YARUQUI, en el oriente del polígono del DMQ,
- SAN ANTONIO, dentro del límite urbano del DMQ.
- IASA, en la zona de Sangolquí, fuera del DMQ, al Sureste.

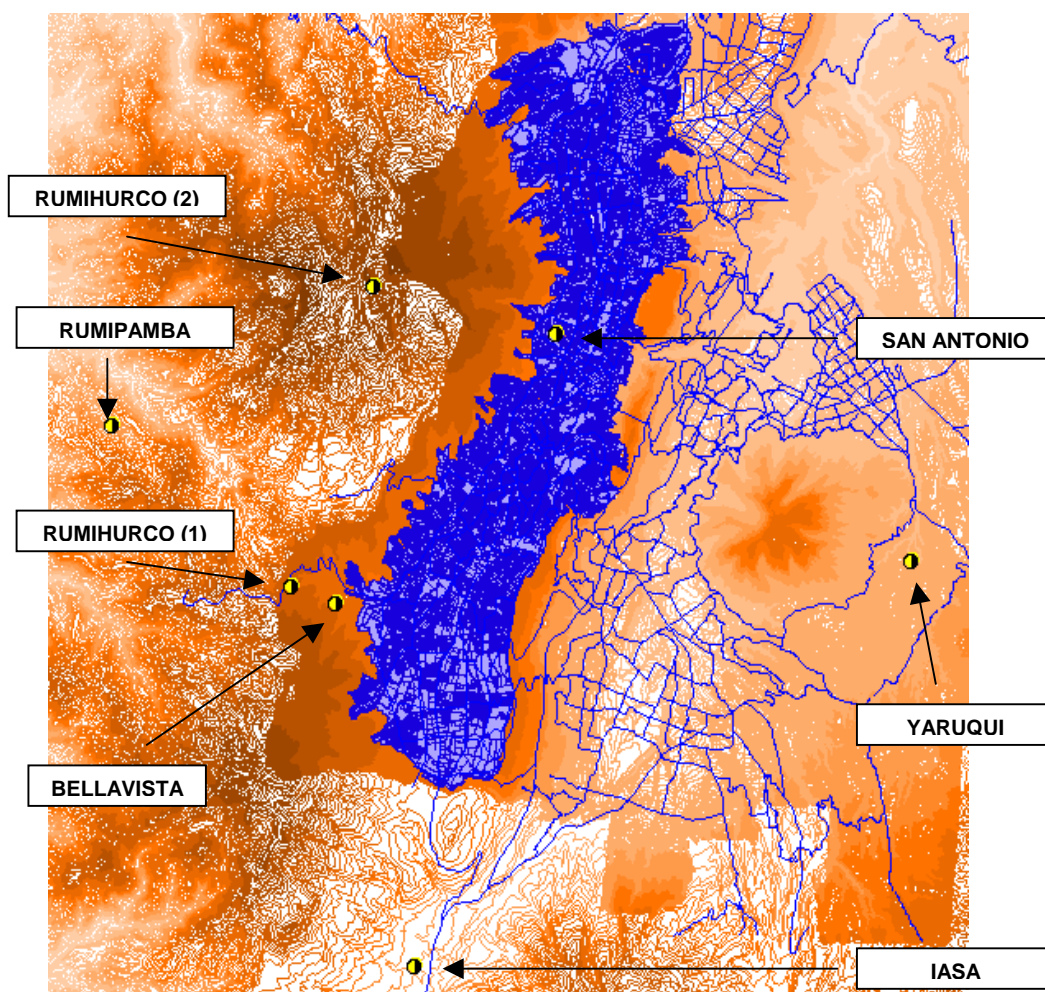


Imagen 9-3. Estaciones Meteorológicas EMAAPQ, en el área de trabajo

Además, la REMMAQ, en sus estaciones de monitoreo atmosférico, también maneja 6 equipos meteorológicos de monitoreo automáticos (imagen 9-3):

- Los Chillos, en el valle del mismo nombre, vía al Tingo.
- Tumbaco, en el valle de Tumbaco, en el poblado que lleva el mismo nombre.
- Condado, en la parte nor-occidente del límite urbano de Quito.
- Turubamba, en el centro histórico de Quito.
- Jipijapa, sobre la calle Río Coca, al norte de Quito.
- Belisario, sobre el colegio San Gabriel, avenidas América y Mariana de Jesús.

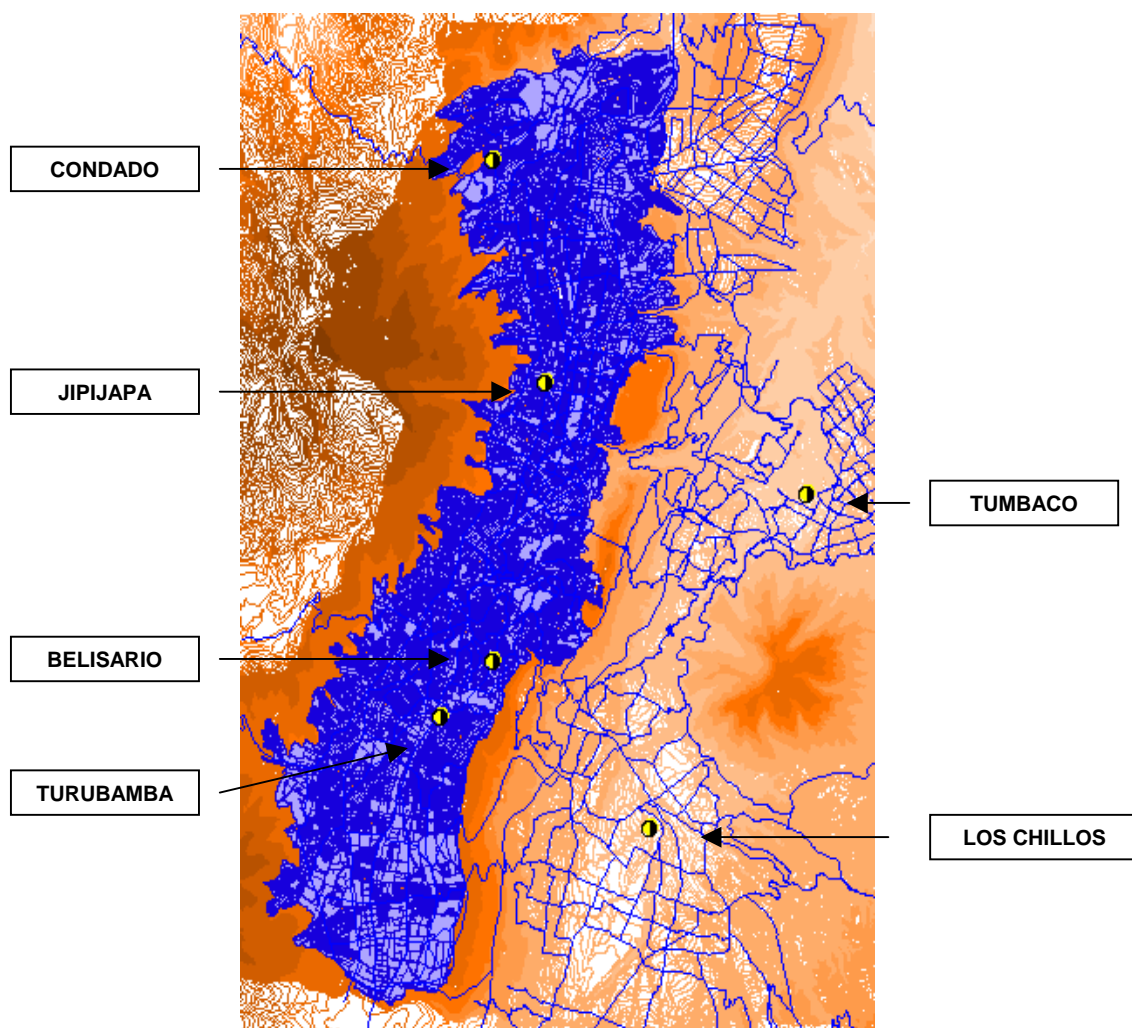


Imagen 9-4. Estaciones Meteorológicas REMMAQ

Para la estimación de las emisiones fugitivas mediante el uso del modelo matemático TANKS, descrito en el capítulo 11 (METODLOGÍA), se requiere conocer las siguientes variables atmosféricas:

- Temperatura máxima
- Temperatura Media
- Temperatura mínima
- Presión atmosférica
- Radiación Solar
- Velocidad del Viento
- Dirección del Viento

En términos generales, se tomarán los datos promedio mensuales debido a que es la mayor especificidad de tiempo con la que el TANKS desarrolla la modelación.

Cabe destacar que existen periodos en los que no se cuenta con datos de parámetros meteorológicos, esto se debe a que en ocasiones las estaciones de monitoreo dejaron de operar por razones de distinta índole: mantenimiento, avería, reubicación, o simplemente fueron detenidas por falta de presupuesto; en otros casos se han anulado datos obtenidos debido, especialmente, a descalibración de las unidades de medición u otros elementos anómalos. Por este inconveniente, se han reemplazado los mencionados vacíos de información con cifras que representan promedios anuales y a la vez mensuales.

9.1 Temperatura Máxima Absoluta

Tabla 9-1. Temperatura máxima absoluta (°C) en el DMQ(Año 2003)

Mes Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Izobamba	22	21,5	21,5	22,8	21,2	20,8	21,7	22,2	21,8	21,7	20,5	20,7
Tumbaco	26,6	26,4	25,4	26,2	20,5	25,9	26,6	26,4	26,7	26,8	26,6	26
Iñaquito	24,9	25,2	24,6	24,1	24,6	24,2	24,9	25,6	26,4	25,2	23,7	

Fuente: INAMHI

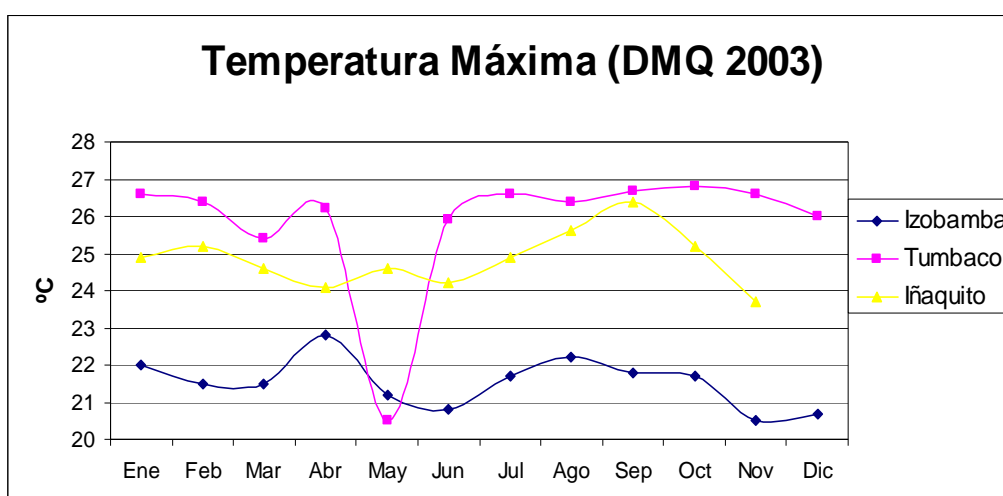


Gráfico 9-1. Temperatura Máxima Absoluta (DMQ, 2003)

Es descrita como la lectura mayor de temperatura en el día y está medida en grados Celsius (°C). Los valores de los promedios mensuales de las temperaturas máximas absolutas diarias serán los proporcionados por el INAMHI. Se utilizan para el cálculo los datos de la tabla 9-1. El gráfico 9-1 muestra la tendencia anual de la temperatura máxima, notándose una importante depresión de la curva durante el mes de Mayo.

9.2 Temperatura Mínima Absoluta

Tabla 9-2 . Temperatura mínima absoluta (°C) en el DMQ (Año 2003)

Mes Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Izobamba	3,4	3,6	3,5	4,5	5,0	4,4	3,5	2,0	1,0	2,3	0,7	4,4
Tumbaco	4,8	6,4	6,8	6,6	7,0	6,8	3,1	5,1	5,8	8,0	7,4	6,8
Iñaquito	9,0	7,8	7,2	6,6	9,2	8,0	7,2	7,0	7,0	8,0	7,3	

Fuente: INAMHI

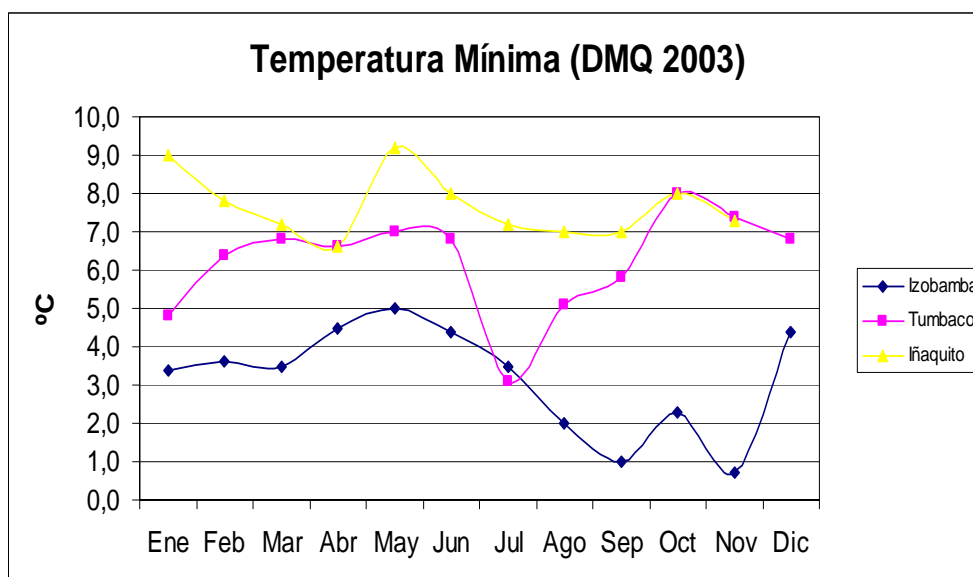


Gráfico 9-2 Temperatura Mínima (DMQ 2003)

Es la lectura de temperatura de menor magnitud registrada en un día, está medida en grados Celsius (°C). Los valores de los promedios mensuales de las temperaturas mínimas absolutas diarias son los proporcionados por el INAMHI. Se utilizan para la estimación de emisiones los datos de la tabla 9-2

9.3 Temperatura media

Tabla 9-3 Temperatura media (°C) en el DMQ (Año 2003)

<div>Mes</div> <div>Estación</div>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Izobamba	12,7	12,8	12,1	12,3	12,6	11,7	12	12,6	12,5	12,5	12,2	12
Tumbaco	16,2	16,4	15,9	15,7	15,6	15,3	15,8	16	16	16,2	16	15,8
Iñaquito	15,9	16	15	15,1	15,7	14,9	15,5	16,5	15,9	15,4	15	

Fuente: INAMHI

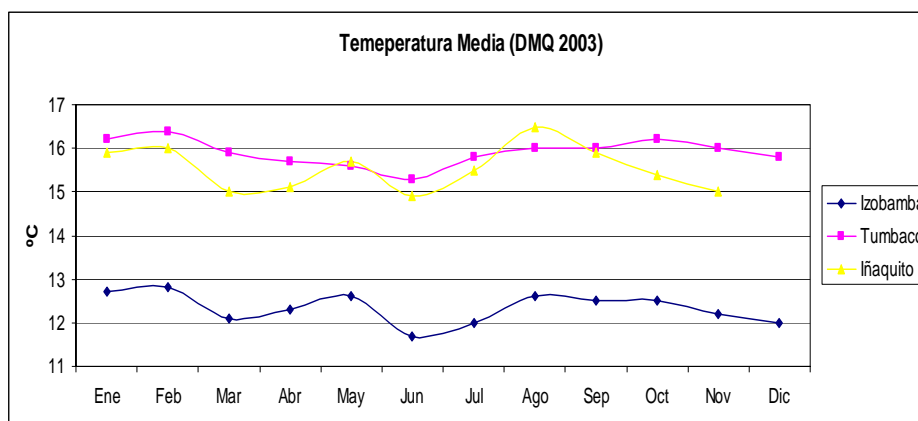


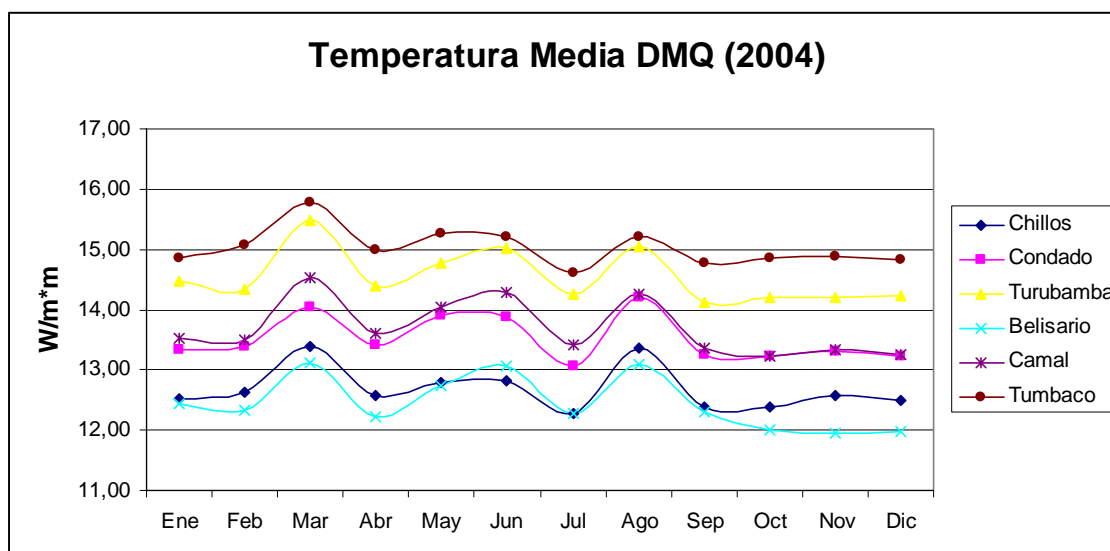
Gráfico 9-3. Temperatura Media (DMQ 2003)

Representa el promedio aritmético de las dos temperaturas citadas previamente (máxima y mínima), ésta también se mide en °C. Los datos por el INAMHI detallan lecturas promedias diarias en cada mes para cada una de las estaciones administradas por dicha institución, (véase tabla 9-3 y gráfico 9-3). En el gráfico 9-3 nótese la diferencia de temperaturas medias a lo largo del año registradas en la estación Izobamba, en relación a las otras estaciones meteorológicas.

La Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (REMMAQ), a su vez ha obtenido los siguientes datos de temperatura ambiente en sus estaciones automáticas de monitoreo meteorológico, los datos corresponden a promedios en el año 2004 (tabla 9-4 y gráfico 9-4).

Tabla 9-4. Temperatura ambiente en Estaciones automáticas de monitoreo meteorológico (2004)

MES/ESTACION	Los Chillos	Condado	Turubamba	Belisario	Jipijapa	Tumbaco
Enero	12,52	13,34	14,46	12,43	13,52	14,87
Febrero	12,63	13,38	14,33	12,32	13,49	15,08
Marzo	13,38	14,04	15,47	13,12	14,54	15,77
Abril	12,56	13,43	14,40	12,22	13,60	15,00
Mayo	12,79	13,90	14,76	12,75	14,05	15,26
Junio	12,83	13,89	15,02	13,05	14,29	15,21
Julio	12,28	13,07	14,25	12,27	13,42	14,61
Agosto	13,36	14,19	15,05	13,09	14,26	15,21
Septiembre	12,37	13,25	14,13	12,30	13,36	14,76
Octubre	12,38	13,23	14,21	12,01	13,22	14,85
Noviembre	12,57	13,32	14,20	11,96	13,35	14,89
Diciembre	12,50	13,23	14,23	11,97	13,25	14,82

**Gráfico 9-4. Temperatura Media DMQ (2004)**

9.4 Presión Barométrica

Comúnmente conocida como presión atmosférica, es un parámetro que denota la presión que ejerce la atmósfera sobre una superficie determinada. La presión atmosférica de un sitio dependerá de la altitud a la que éste se encuentre, mediante una relación inversa, según la cual conforme la altitud aumenta, la presión atmosférica se reducirá. Tomando en cuenta los objetivos del presente trabajo, se considera muy favorable que el parámetro de la presión atmosférica sea utilizado en el proceso de estimación de las emisiones, puesto que es un indicador indiscutible de la incidencia que puede o no tener la altitud a la que se encuentra el DMQ; puede intervenir en la

actividad de las presiones parciales de los COV's en estado vapor y líquido, incidiendo en el cambio de fase de uno a otro y viceversa.

La presión atmosférica se mide en milibares (mb). La fuente de información seleccionada para los valores promedios mensuales de este parámetro fue el INAMHI. En la tabla 9-5 y en el gráfico 9-5, se presentan la serie de datos que representan la variación de presiones atmosféricas en el año 2003:

Tabla 9-5 Presión Atmosférica (mb) en el DMQ (Año 2003)

Mes Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
Izobamba	706,8	706,3	706,7	707,2	707	707,3	707	707,3	707,1	706,8	706,6
Iñaquito	729,7	729,2	729,7	730,1	729,8	730,3	730	730	729,9	729,6	729,5

Fuente: INAMHI

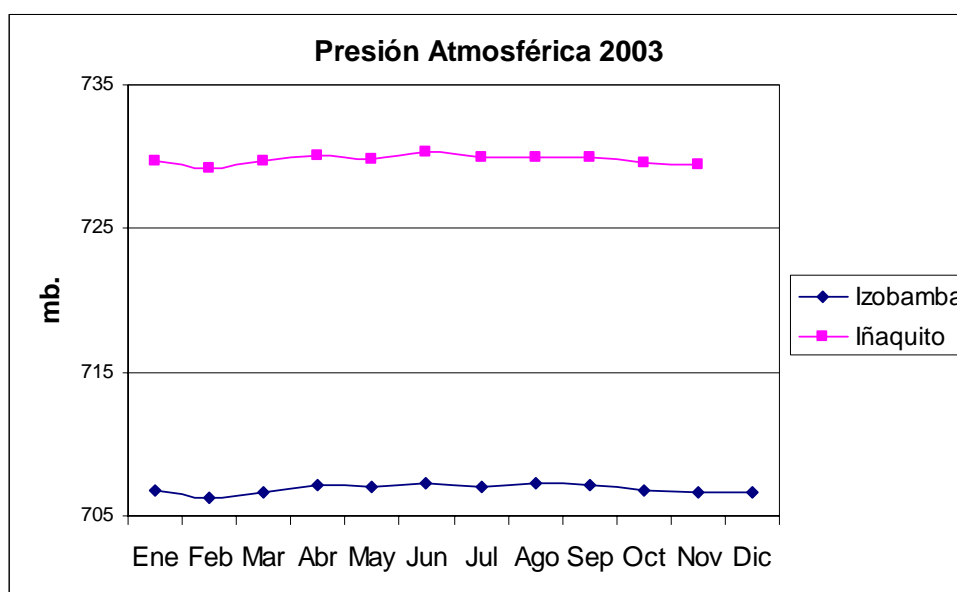


Gráfico 9-5. Presión atmosférica 2003

9.5 Radiación Solar Global

Cuantifica la cantidad de energía solar que es transmitida a una superficie específica. Para determinar este parámetro se mide la cantidad de watts por cada metro cuadrado (W/m^2), esta variable meteorológica se monitorea con un sensor automático.

La Radiación solar se refiere a la cantidad de energía solar depositada en una superficie por el rango de una hora (RS horaria), mientras que la radiación solar Global se refiere al valor acumulado de las lecturas realizadas durante el día; en éste capítulo se presentan ambos tipos de radiación solar.

Las estaciones de las que se han obtenido datos de radiación solar global se describen en las tablas 9-6 y 9-7, nótese que la disponibilidad de información no es la más adecuada, puesto que existen vacíos de información considerables, sin embargo se calculan promedios para emplearlos en la estimación de las emisiones evaporativas de COV's del DMQ y su área de influencia.

Tabla 9-6 Radiación solar global (W/m^2) en el DMQ (2004) Promedio de la radiación solar para una hora

MESESTACIÓN		Chillos	Condado	Turubamba	Belisario	Jipijapa	Tumbaco
REMAAQ	Enero	209,34	236,66	275,58	223,59	202,65	191,90
	Febrero	153,23	186,00	246,51	197,22	162,46	146,59
	Marzo	160,97	175,74	270,67	206,97	171,34	156,91
	Abril	90,29	178,65	232,17	188,72	153,29	136,56
	Mayo	86,44	188,51	247,59	202,79	151,40	117,32
	Junio	96,43	192,33	289,80	246,64	183,26	138,07
	Julio	78,15	176,48	241,42	207,22	157,45	131,83
	Agosto	130,67	230,06	329,77	275,16	192,40	177,42
	Septiembre	142,10	201,92	259,94	222,23	182,64	172,03
	Octubre	167,79	194,87	255,69	212,69	173,38	163,31
	Noviembre	161,81	190,89	236,43	156,62	169,06	155,97
	Diciembre	167,39	200,70	261,90	169,96	145,17	162,03

Fuente: REMMAQ

Por otro lado, la utilidad de los promedios también se ve reflejada en que demuestran la tendencia general de los valores que se han analizado; de hecho, en los gráficos se puede reconocer una variabilidad bastante alta, que fluctúa desde los 3500 hasta los 100 W/m^2 aproximadamente para las estaciones de la EMAAP, dependiendo de cada estación. Además, las lecturas de radiación solar global en la estación Iñaquito, en los años 2003 y 2004 son bastante diversas, incluso unas y otras son inversas en algún caso, tomando como referencia la curva que representa los valores promedio.

Finalmente, la línea de promedio demuestra una tendencia general del comportamiento del parámetro en relación al tiempo y al espacio.

Tabla 9-7. Radiación solar global (W/m²) en el DMQ (distintos años).

Estación		Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
INAMHI	IZOBAMBA	1991	4940	5038	4879	4920	4662	4783	5125	5739	5222	5651	4785	5217
		1992	5571	4889	4685	4807	4621	5002	5467	5390	5005	4216	5546	5042
		1993	5069	4601	4419	4684	4495	5072	5028	5802	4961	4922	4671	4632
		1994	4511	4692	4520	4757	4438	4832	5361	5246	4686	5406	4480	4353
		1995	4646	5090	3588	4152	4436	4504	4808	5892				
		1996		4008	4373	4238	4383	4528	5538	5378	5358	5090	6018	4993
		1997	4416	4848	4650	4657	4607	4999	5673	5784	4830	4719	4036	4592
		1998	4984	4689										
	IÑAQUITO	2003	5023	4735	3955	3913	4163	3917	4779	4685	4400	4310	4380	
2004		5510	4296	4217	3875	3866	4844	3822	4979	4201	4593	3732		
Prom.		5266	4515	4086	3894	4014	4381	4301	4832	4300	4451	4056		
EMAAPQ	Rumihurco (1)	1999-2004	4004	3335	3518	3419	3551	3636	3673	4385	4378	4350	4107	4058
	Rumihurco (2)		3630	3523	2990	3184	3035	3153	3491	3818	3716	4279	3512	3519
	Rumipamba		3593	2821	2719	2648	2780	2875	2842	3421		3926	3017	2596
	Bellavista		4935	4589	4357	4095	4165	4317	4795	5473	5013	5264	4400	4316
	Yaruqui		4243	3411	3519	3634	3555	3422	3871	4507	4022	4357	4125	3497
	San Antonio		7097	7255	5939	4918	4418	4894	6150	6457	6839	6030	6446	6353
	IASA		3875	2427	2477	2777	2682	2957	3158	4241	3332	3644	2957	3137
			Prom.	4482	3909	3646	3525	3455	3608	3997	4615	4550	4550	4081

Fuente: INAMHI y EMAAP

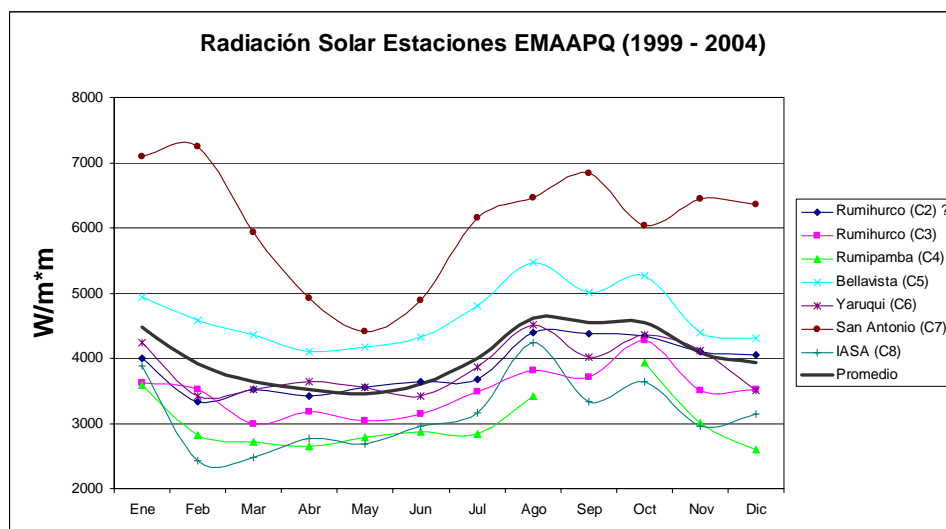


Gráfico 9-6. Radiación Solar Estaciones EMAAPQ (1999-2004)

9.6 Velocidad del Viento

Este parámetro tiene como objetivo determinar la intensidad con la que el viento sopla con mayor predominancia. La velocidad se muestra en unidades del Sistema Internacional, metros por segundo (m/s),

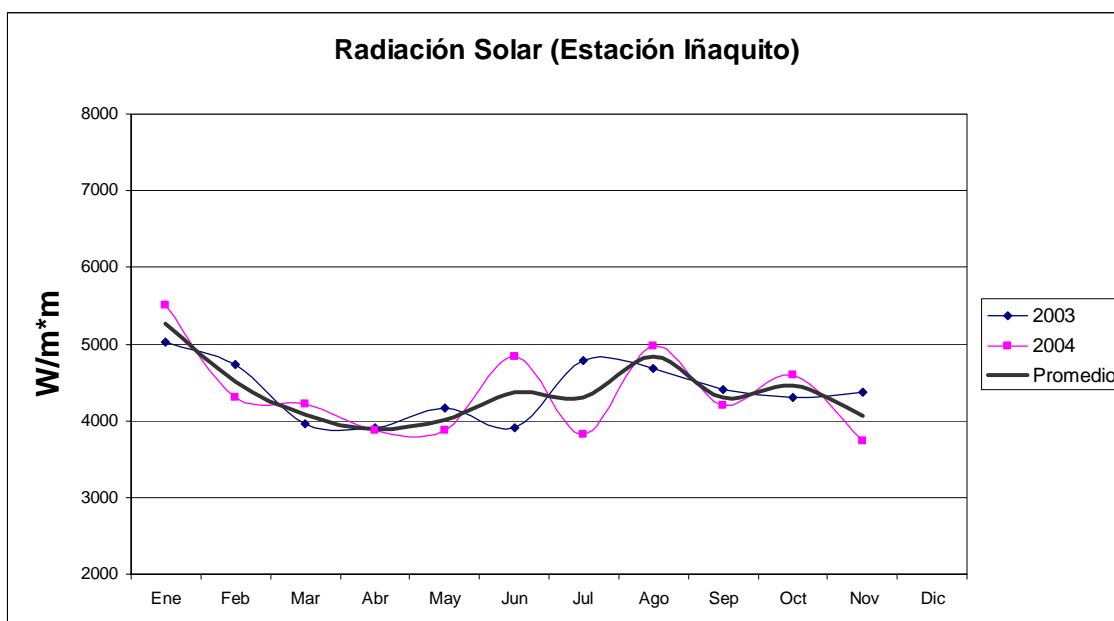


Gráfico 9-7. Radiación Solar (Estación Iñaquito)

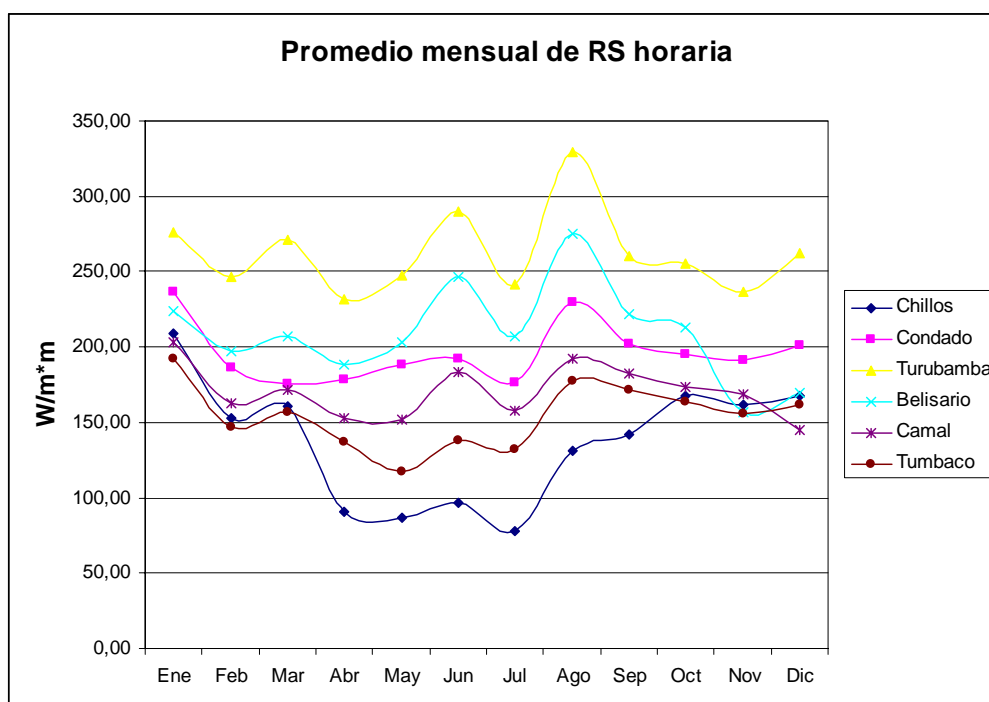


Gráfico 9-8. Promedio Mensual de RS horaria

En la tabla 9-8 y gráfico 9-9 se presentan datos registrados por el INAMHI y REMMAQ respectivamente, se muestran valores de intensidad de viento en primer lugar, considerando que este parámetro es el requerido por el modelo matemático TANKS en sus cálculos de la estimación de emisiones de COV's.

Tabla 9-8 Velocidad del viento en el DMQ (2003), m/s

Mes Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Izobamba	1,2	1	1,1	1	1	1,5	1,6	1,6	1,5	1	1,5	1
Tumbaco	4,2	2,7	3,1	5	2	4,5	5,8	6,5	7,3	2,8	2,2	2,7
Iñaquito	1,9	1,9	1,6	2,3	1,7	1,7	2,4	2,3	2		2,3	

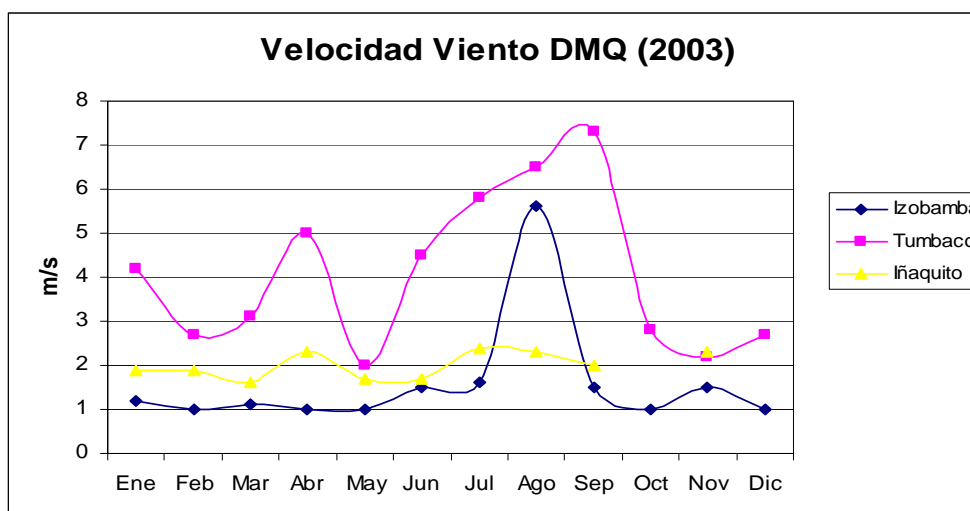


Gráfico 9-9.Velocidad Viento DMQ (2003)

Las velocidades están medidas en metros por segundo (m/s).

La velocidad del viento para el caso del mes de agosto en la estación Izobamba del INAMHI, se presenta con un valores de 5,6 m/s, el cual produce una fuerte desviación en la curva de vientos (véase gráfico 9-9). Por lo que, para la estimación de las emisiones evaporativas se ha reemplazado este valor por el promedio cruzado: entre el obtenido para de ese año y el calculado de una serie de datos de agosto de otros años, la velocidad de viento empleada para el cálculo de las emisiones es 1.6 m/s, como se ve en la tabla 9-8.

10 FUENTES DE EMISIÓN

Se consideran como fuentes de emisión a las salidas de un proceso o actividad, parte, sistema o simplemente del elemento de esa actividad que ponen en contacto un gas - o más bien *vapor* en el presente caso - con la atmósfera.

A diferencia de las fuentes móviles, que se mueven en el tiempo y en el espacio, las fuentes estacionarias son inmóviles bajo la misma referencia, por lo tanto se las consideran fuentes fijas. Entonces, se puede tener la certeza de que las fuentes que están bajo el análisis de este estudio son estacionarias puesto que desde (al menos) el año 2003 hasta la presente fecha (2005) no se han movido en lo absoluto.

Específicamente, para fines del presente estudio, se tomarán en cuenta como potenciales fuentes de emisión a los centros de recolección, almacenamiento, distribución y comercialización de combustibles derivados de la refinación del petróleo; esto es, centros en donde se gestionen gasolinas y demás derivados de petróleo. Se han reconocido 179¹ fuentes de emisión, a las cuales se las reconoce como fuentes de emisión puntuales, puesto que son instalaciones cuya actividad es conocida, por lo mismo que se las estudia puntualmente, una por una, y se las disgrega en el tiempo y el espacio.

Para el inventario de emisiones fugitivas de compuestos orgánicos volátiles de fuentes areales y puntuales en el Distrito Metropolitano de Quito y su área de influencia se han considerado como fuente esencial de COV's evaporativos/fugitivos a los combustibles, por lo tanto las principales fuentes reconocidas de emisión de éstos serán:

1. Terminales de almacenamiento y distribución de productos limpios: Beaterio y Oyambaro
2. Centros de volúmenes de despacho de combustibles altos: Petrocomercial E/S (Avenidas Amazonas y Eloy Alfaro) y Ecuafuel, aeropuerto Mariscal Sucre.

¹ 175 estaciones de servicio privadas, estación de servicio Petrocomercial, terminal de productos limpios El Beaterio, Terminal GLP Oyambaro, depósito Ecuafuel.

3. Estaciones de servicio de volúmenes de despacho corrientes: demás gasolineras operadas por comercializadoras de combustibles privadas dentro del área de influencia.

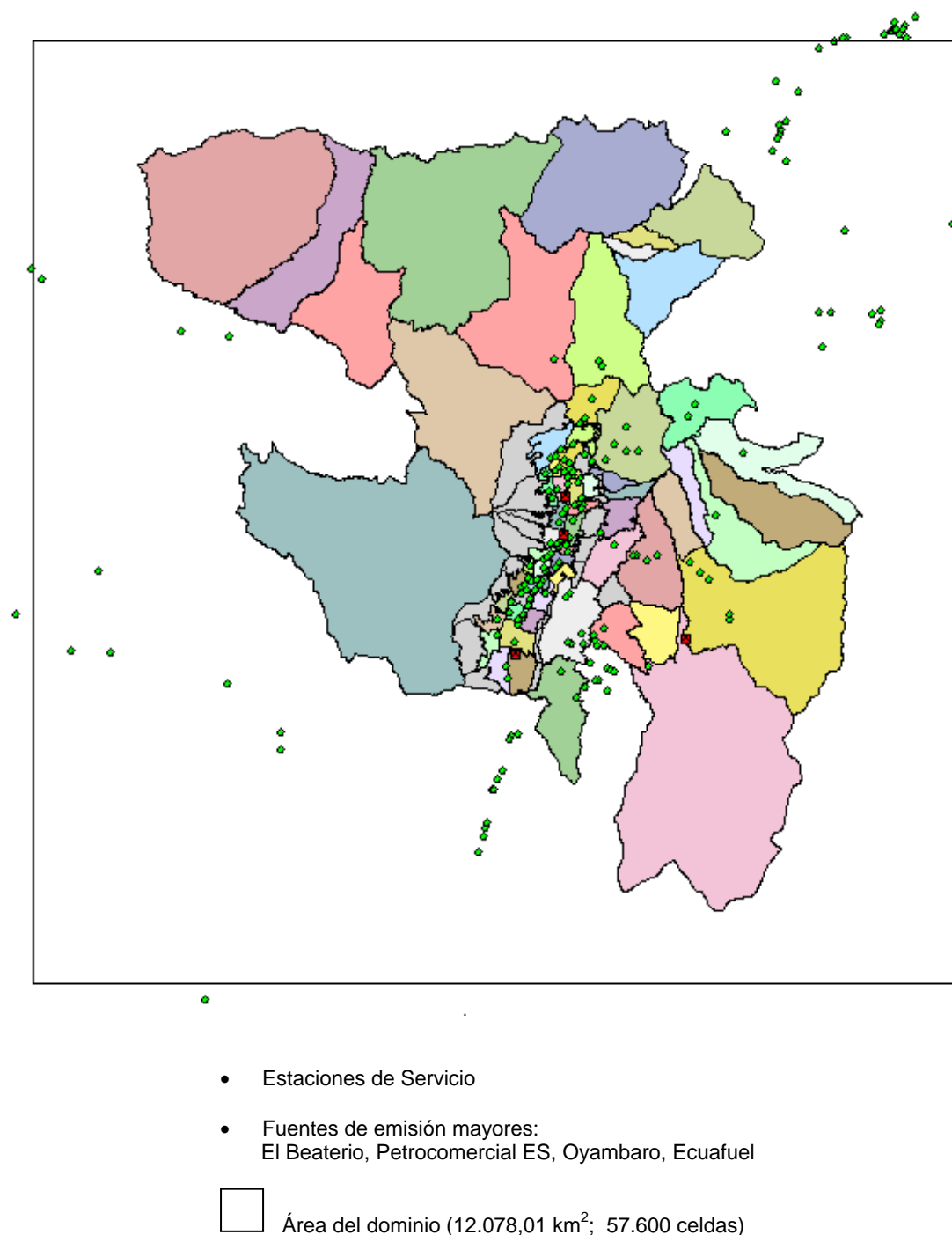


Imagen 10-1. Fuentes de emisión de COV's identificada en el área de trabajo.

10.1 FUENTES PUNTUALES

En este estudio se tomarán en cuenta como fuentes puntuales a las que por su potencialidad de emisión requieran de un análisis individual, es decir que son fuentes que por si solas pueden emitir cantidades considerables de COV's a la atmósfera, razón por la cual es necesario que se desarrolle un análisis individual de sus emisiones evaporativas.

El criterio utilizado para la determinación de las fuentes puntuales fue definir la capacidad operativa de manejo de productos, de acuerdo a la información previa existente. Entonces se consideraron como tales a los dos terminales de productos limpios ubicados dentro de la zona de influencia del DMQ; adicionalmente, constan en el área de influencia del DMQ dos fuentes de interés relevante, se refieren a instalaciones en donde se manejan a diario cantidades elevadas de combustibles. Por tanto, finalmente fueron identificadas cuatro fuentes de emisión de COV's evaporativas en el DMQ y su área de influencia:

- Terminal de productos limpios ***El Beaterio***
- Terminal de Gas Licuado de Petróleo ***Oyambaro***
- Facilidades de almacenamiento de combustible de aviación en el Aeropuerto, ***Ecuafuel***
- Estación de servicio de ***Petrocomercial*** (Avenidas Amazonas y Eloy Alfaro)

175 Estaciones de servicio privadas, ubicadas a lo largo del área de trabajo.

Para mayor detalle, véase la imagen 10-1, donde se muestran las respectivas ubicaciones geográficas de las fuentes de emisión.

A continuación se detallan cada una de las fuentes enumeradas explicando sus características instaladas como también las de funcionamiento, la razón por la que se las ha incluido en esta categorización, y su ubicación dentro del área de estudio

10.1.1 Terminal de productos limpios El Beaterio

Este Terminal de productos limpios tiene como objetivo principal la distribución de combustibles derivados de petróleo para la zona centro-norte de la sierra ecuatoriana. En este contexto, cumple tres funciones primordiales:

1. Recepción de productos a través de líneas de transferencia (tubería de altas presiones) denominadas *poliductos*. Los poliductos que alimentan al Terminal son <Shushufindi – Quito> y <Esmeraldas – Quito>.
2. Almacenamiento a granel de los productos recibidos.
3. Bombeo de combustibles mediante el poliducto <Quito-Ambato>.
4. Despacho de productos limpios a distribuidores a través de recarga de camiones cisterna.



Imagen 10-2. Terminal de productos limpios El Beaterio

El Terminal El Beaterio se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas siguientes:

- 00° 19' 00" S y 78° 32' 20" E (lat/long).

Esto es, al suroeste de la ciudad de Quito, en el Km 13+500 de la carretera Panamericana Sur, en la provincia de Pichincha del cantón Quito, barrio de Guamaní, sector El Beaterio. Ocupa aproximadamente 27 hectáreas.

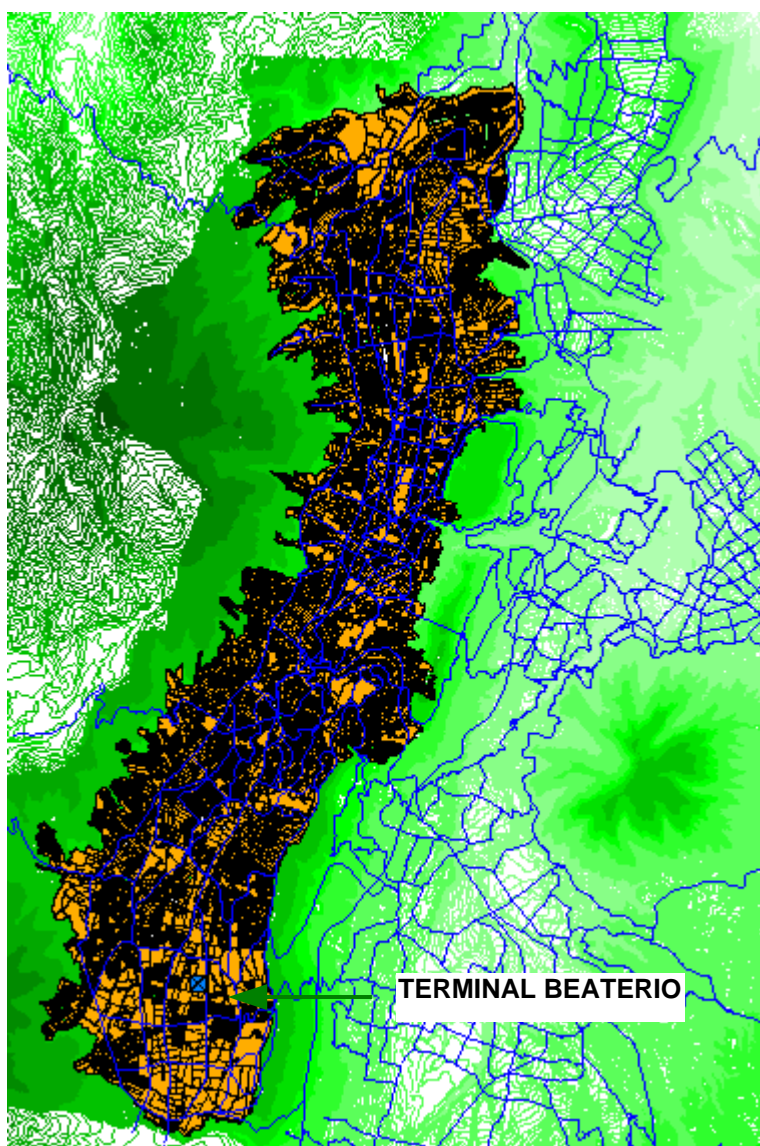


Gráfico 10-1. Ubicación geográfica del Terminal “El Beaterio”

El Terminal “El Beaterio” es considerado, a mas de estratégico, importante en la zona norte y centro de la región sierra ecuatoriana puesto que abastece de combustibles a un área de influencia amplia, que incluye a las siguientes provincias:

- Pichincha
- Imbabura
- Carchi
- Cotopaxi
- Tungurahua
- Chimborazo

Considerando esta elevada demanda, las capacidades del Terminal son relativamente altas dándole la posibilidad de poder despachar, en promedio, un total de 1'158.000 galones de combustible a diario, distribuidos de acuerdo a la tabla siguiente:

Tabla 10-1 Promedio de Despacho diario. Terminal El Beaterio

PRODUCTO	PROMEDIO DESPACHO (gal/día)
Gasolina Super	120.000
Gasolina Extra	400.000
Diesel 2	450.000
Diesel Premium	90.000
Destilado	8.000
Jet Fuel	90.000
Fuente: Balance Consolidado Terminales Año 2002	

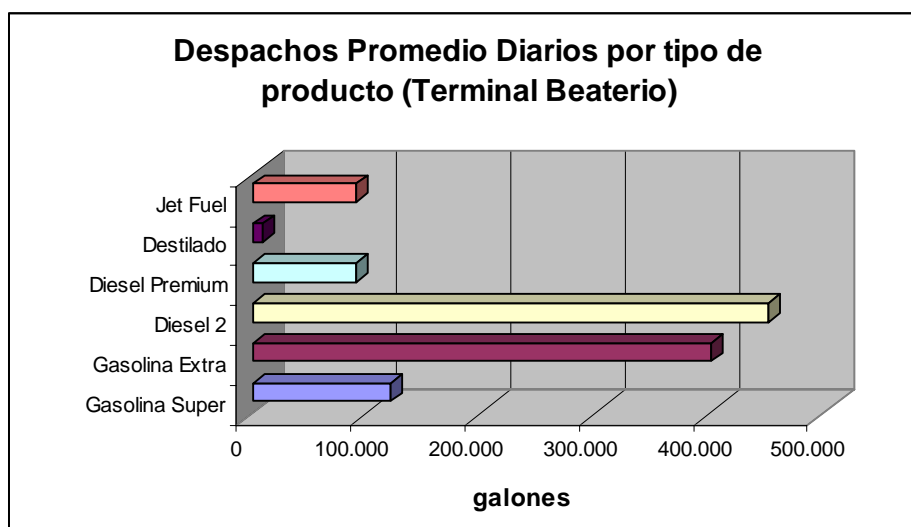


Gráfico 10-2. Volúmenes promedio de despachos de cada uno de combustibles a diario en el terminal El Beaterio (Petrocomercial, 2002)

10.1.1.1 Actividades desarrolladas en el Terminal El Beaterio.

Como se mencionó previamente, el Terminal recibe productos desde las refinerías de Esmeraldas y Shushufindi a través de los poliductos. Pero la totalidad de estos productos no es entregada para su consumo en el área de influencia. Una parte de los productos es almacenada para mantener un stock que cubriría la demanda en caso de alguna emergencia o una sobredemanda, y otra parte es bombeada al Terminal de productos limpios de Ambato a través de otro poliducto.

10.1.1.1.1 Recepción de productos limpios

Este proceso es operado por un departamento en El Beaterio llamado estación REDUCTORA.

Tras pasar la válvula check que une al poliducto con el Terminal, a la entrada de las instalaciones, el producto ingresa a la estación REDUCTORA *Beaterio*, cuya función es disminuir la presión con que llegan las partidas (volumen determinado de producto en la línea de transferencia). En este proceso se emplea un grupo de válvulas

reductoras de presión para cada partida; en resumen, su función consiste en disminuir la velocidad del fluido a la salida del poliducto.

Esta estación tiene instalados 4 tanques SLOP, que son los encargados de recibir las mezclas de productos que llegan entre una partida y otra.

En este inventario no se consideran pérdidas en este proceso debido a que se mantiene en un circuito cerrado. Los tanques SLOP se han incluido como fuentes de emisión debido a la falta de acceso a la información de su funcionamiento en el año 2003.

Las emisiones de vapores de COV's hacia la atmósfera provocadas en la recepción de productos se dan durante su ingreso al tanque de almacenamiento. Específicamente ocurren debido al desplazamiento que causa el líquido entrante en el tanque sobre el que ya estaba almacenado previamente; dicho desplazamiento hace que los COV's en estado de vapor acumulado sobre el líquido en el interior del tanque sean empujados hacia el exterior (hacia la atmósfera) por el líquido desplazado, este efecto se lo conoce como desplazamiento de vapores. Sin embargo, la estimación de estas emisiones será incluida en la fase de almacenamiento y operación de los tanques de almacenamiento.



Imagen 10-3. Estación reductora Beaterio. En el fondo se ven los tanques SLOP

10.1.1.1.2 Preparación de Gasolina Extra

La gasolina Extra se produce en el Beaterio. Para este fin, se mezcla en un tanque denominado “*de procesos*” la Nafta base, que tiene un octanaje más bien bajo, con la gasolina Super que llega de la destilación fraccionada con un octanaje que bordea los 90 octanos. Una vez unidas las dos, se las mezcla por medio de un agitador instalado en el tanque. Este proceso se lleva a cabo en los tanques 1007 y 1020.

Desde el punto de vista de las emisiones evaporativas, se debe mencionar que este proceso es una fuente importante por dos razones, la agitación que se da a los combustibles y el hecho de que se empleen en este proceso los productos más volátiles.



Imagen 10-5. Tanque 1020. Preparación de Gasolina



Imagen 10-7. Tanque 1007. Preparación de Gasolina



Imagen 10-9. Plano general de la zona de almacenamiento

10.1.1.1.3 Almacenamiento

Tras la recepción de los productos en los tanques, una parte de ellos queda “reposando”, mientras que otra es evacuada del Terminal a las comercializadoras o bien a otros terminales.

El almacenamiento se da a lugar en los tanques ubicados en la parte sur del Terminal. Existe un tanque para cada tipo de combustible, cada producto es almacenado en un tipo de tanque específico destinado para este fin.

A continuación se resume un inventario de tanquería disponible en el Beaterio levantado en el año 2004, sus características de diseño, dimensiones y productos almacenados:

De acuerdo a la tabla 10-2, y a observaciones en el campo, en el Terminal en estudio, se han identificado únicamente dos tipos de tanque de acuerdo a su techo:

- Techo flotante
- Techo fijo cónico

Tabla 10-2 Tanquería disponible en el Terminal Beaterio hasta el año 2004

ID. TQ.	PRODUCTO ALMACENADO	CAPACIDAD MAX-LLENADO		TIPO DE TECHO	DIAMETRO (m,cm,mm)	ALTURA AFORO (m,cm,mm)	NIVEL MAX DE LLENADO (m,cm,mm)	PONTONES (número)
		TOTAL LLENADO (Galones)	TOTAL OPERATIVO (Galones)					
1003	Gas.Extra	4.101,34	3.843,50	Flotante	37,10,1	16,88,6	13,73,7	89
1014	Gas.Extra	658,52	613,58	Flotante	15,23,98	16,75,5	13,29,2	10
1005	Nafta Base	1.229,54	1.105,38	Flotante	21,62,36	15,03,9	11,54,0	22
1001	Gas. Super	2.241,37	2.077,10	Flotante	29,35,9	15,05,8	11,86,9	23
1012	Gas. Super	1.495,59	1.449,70	Fijo	22,34,7	14,36,4	13,70,9	No
1007	Procesos	2.262,44	2.077,50	Flotante	29,43,7	15,06,8	11,77,9	23
1020	Procesos	1.866,30	1.613,86	Flotante	30,33,18	12,14,8	08,45,6	23
1009	Destilado	293,17	280,00	Fijo	11,34,7	11,25,8	10,51,9	No
1010	Diesel 2	4.638,84	4.470,00	Fijo	39,46,8	14,37,5	13,58,0	No
1011	Diesel 2	1.493,62	1.447,50	Fijo	22,36,6	14,34,5	13,69,5	No
1013	Diesel 2	900,83	867,86	Fijo	18,29,5	13,13,6	12,65,0	No
1022	Diesel 2	2.521,44	2.322,14	Fijo	31,64,9	12,39,1	11,20,0	No
1008	D.Premium	123,95	118,10	Fijo	8,09,6	09,39,8	08,70,6	No
1016	D.Premium	1.160,31	1.103,81	Fijo	21,43,0	12,58,0	11,58,0	No
1017	Jet A1	1.163,61	1.107,07	Fijo	21,46,0	12,58,0	11,58,0	No
1018	Jet A1	473,20	449,92	Fijo	13,69,0	12,55,4	11,57,0	No
1019	Jet A1	472,29	449,02	Fijo	13,67,0	12,63,08	11,58,0	No
505	Slop	126,15	121,27	Fijo	09,13,0	07,57,3	7,00,0	No
509	Slop	84,85	78,38	Fijo	06,48,3	09,97,1	9,00,0	No
1621	Slop	25,44	21,71	Fijo	05,81,8	05,81,8	5,15,0	No
1622	Slop	25,60	21,71	Fijo	04,69,4	05,70,5	5,15,0	No
TOTAL		27.383,97	25.639,11					

Fuente: Superintendencia Terminal El Beaterio, información levantada en campo

Adaptación: Andrés Cepeda



Imagen 10-11. Zona de almacenamiento de productos limpios. Se distinguen tanques de techo fijo cónico (izq.) y tanques de techo flotante externo (der.)



Imagen 10-13. Tanques de almacenamiento de distinto diseño. Techo flotante externo (adelante) y techo fijo cónico (atrás)

10.1.1.1.3.1 Tanques de techo flotante externo

Los tanques con techos flotantes son empleados para almacenar combustibles de mayor volatilidad, es decir gasolinas. La finalidad de este tipo de techo en un tanque es acoplarse a la superficie del líquido almacenado, puesto que se asienta en ella, variando su altura conjuntamente con la del líquido, de tal forma que la cantidad de vapores que se permite sobre el combustible sea mínima. Entre las paredes del tanque y el techo flotante existe un sello, que ayuda a acoplar el área de la cubierta del techo a la circunferencia formada por las paredes del tanque. Considerando que el techo del tanque no todo el tiempo se mueve totalmente paralelo al fondo del tanque, el sello le da el dinamismo para que se mueva verticalmente sin perder el total contacto con las paredes del tanque.

Los tanques de techo flotante del terminal El Beaterio cumplen con la característica de que su techo está descubierto, por ello se llaman de *techo flotante externo*. La desventaja que se presenta con esto está en que el material del techo y en parte el del sello, se encuentran atacados por la acción atmosférica; por ejemplo, como se ve en la Imagen 10-9, se nota el oxido en la cubierta del techo. Asimismo, se corre el riesgo de que el sello, también llamado zapato, se vea corroído por la intemperie, permitiendo que se presenten focos de fuga de vapores (de COV's) a través del sellado del techo.



Imagen 10-15. Techo flotante externo (no en el terminal El Beaterio). Vista de la cubierta del techo flotante, desde dentro de la circunferencia del tanque.

El sellado instalado en los tanques de techo flotante de El Beaterio es de carácter primario. Estos sellos consisten en un anillo de perfil triangular de neopreno, acompañado con aletas ubicadas en la parte superior del tanque, para sostener el sello.

En el Terminal El Beaterio existen 6 tanques con techo flotante (ver tabla 2), que son utilizados para el almacenamiento y preparación de gasolinas livianas (extra, super y nafta base).

10.1.1.1.3.2 Tanques de techo cónico fijo.

Como su nombre lo indica, el techo de estos tanques no tiene movilidad alguna, de hecho está soldado a sus paredes; su forma es cónica, es decir que tiene un vértice hacia arriba en el centro de la circunferencia. Adicionalmente, estos tanques tienen instalada, en su domo superior, al menos una válvula de alivio de presión, que abre al ejercer los vapores una determinada fuerza sobre ella, de esta forma se busca mantener un estado de equilibrio al interior del tanque. Además, todos los tanques tienen al menos una abertura más en el techo, destinada a aforar manualmente el nivel de producto que se encuentra en ellos.



Imagen 10-17.Dos de los tanques de techo flotante en Terminal El Beaterio.



Imagen 10-19. Tres de los tanques de almacenamiento de combustibles pesados (JET A-1) en el terminal El Beaterio. Techo fijo cónico.

. El aforo consiste en sumergir una plomada adjunta a una cinta métrica en el líquido para registrar la altura a la que éste se encuentra. Es por esto que los accesos para aforo comunican al contenido del tanque directamente con la atmósfera.

En el Terminal El Beaterio los aforos descritos se los lleva a cabo de una forma manual, mediante la operación de un funcionario de Petrocomercial, quien sube cada 12 horas a los techos de los tanques a hacer las mediciones respectivas. Vale recalcar que este “precario” procedimiento se sigue practicando no obstante que casi todos los tanques cuentan con equipos de medición que sistematizan los aforos, estos son equipos mecánicos y radares, que registran los datos electrónicamente y hacen innecesaria aún la salida del operador del centro de control.

En este aspecto, el tema se vuelve mas delicado en tanto que los operadores se ven expuestos a inhalar COV's en concentraciones preocupantes al menos dos veces diarias, con un tiempo de exposición de aproximadamente hora en total al día por cada tanque. Por otro lado, las emisiones de estos tanques se mantienen constantes, puesto que los accesos de aforo se dejan abiertos durante todo el día, práctica tomada por los operadores para evitar recibir una descarga de COV's más fuerte en el momento de abrir el conducto para aforar.



Imagen 10-21. Boca de aforo abierta, sobre un tanque de techo fijo cónico.

Por lo tanto, la funcionalidad de las válvulas de alivio se ve reducida casi en su totalidad, puesto que durante el almacenamiento no se incrementan las presiones causadas por los vapores en el interior, sino que todos los vapores son evacuados constantemente por los accesos de aforo, siendo la presión atmosférica la única que detiene en alguna forma la producción y emisión de COV's en estado de vapor.

Hay que destacar que las válvulas de alivio también generan emisiones. Esto, sólo cuando el tanque de techo fijo se encuentra en recepción del producto, caso en el que se da una migración de vapores ocasionada por el desplazamiento que provoca el líquido entrante al tanque de almacenamiento.

El momento en que fue capturada la imagen 10-12, se notaba una emisión de vapores intensa, tanto así que el fuerte olor a COV's hizo insoportable permanecer por mas tiempo en el techo del tanque.

10.1.1.1.4 Despacho de productos limpios a auto tanques

La actividad que mas interés representa para el inventario de emisiones de COV's evaporativos se refiere al despacho de combustibles. Este proceso se lleva a cabo a través de la recarga de *auto tanques*, llamados también *camiones cisterna*, o

simplemente *tanqueros*, camiones que llevan el combustible a los distintos centros de distribución (estaciones de servicio / gasolineras)

Para este fin es necesario el acercamiento del auto tanque hacia la isla de despacho, se bombea el combustible a través de brazos de despacho, que son conductos movibles que se apuntan hacia el interior de los tanques de cada camión y depositan el producto a un promedio de 380 galones por minuto (380 gal/min) en cada brazo, mediante un ducto cuyo diámetro está entre 4 y 5 pulgadas.

El procedimiento empleado en este proceso es uno de las más precarios observados, se denomina recarga superficial por salpicadura (Bolaños, 2001). Este método es el que mayor cantidad de evaporación produce, puesto que el chorro de líquido fluye en régimen turbulento y choca directamente con la superficie del líquido que ya está almacenado. La salpicadura sobre la superficie del producto que está en el tanque produce una elevada agitación y esto se traduce en un aumento de la cinética intermolecular; así mismo, la dispersión que se da por la elevada velocidad con que fluye el combustible permite una mejor mezcla del producto con el aire, siendo el vapor producido transportado fuera del tanque de transporte. Aquí se puede decir que ocurre un fenómeno muy parecido a la pulverización o atomización que se induce en los motores de combustión interna a través de la inyección y pulverización del combustible.

De hecho, fue fácil notar, a simple vista, que cuando se sumergía el chorro en el combustible, la cantidad de vapores que se producían se redujo de una manera significativa. Adicionalmente, los factores de emisión que se emplean para el cálculo de las emisiones son más elevados para este tipo de procedimiento.

El Terminal El Beaterio cuenta con 3 islas de despacho, y cada una de ellas, a su vez, con un número variable de brazos de despacho según el producto que suministra, sumando un total de 14 brazos. En la tabla siguiente se resume la distribución de brazos de despacho, el número de tanqueros admitido en cada isla y el número de operadores que manejan los equipos en cada isla:

Tabla 10-3.Distribución de brazos de carga

No.ISLA	BRAZO CARGA	PRODUCTO	Tanqueros a la vez	Numero de operadores
2	1	Extra	4	1
	2	Extra		
	3	Diesel Prem.		
	4	Diesel Prem.		
1	5	Extra	4	1
	6	Extra		
	7	Super		
	8	Jet A1		
3	9	Diesel 2	6	3
	10	Diesel 2		
	11	Diesel 2		
	12	Diesel 2		
	13	Super		
	14	Super		

Fuente: Terminal EL Beaterio, información recopilada en campo

Elaboración: A. Cepeda, 2005

Cabe destacar que los brazos de despacho son operados por los propios choferes de los tanques-cisterna, muchos de ellos no utilizan equipo de protección personal (EPP) lo cual les expone a aspirar directamente los vapores emitidos desde los tanques. De hecho, algunos de los choferes entrevistados alegaron sentirse incómodos al utilizar las mascarillas con filtros para vapores y aseguraron no ser afectados por los vapores que inhalan por un tiempo aproximado de 2 horas diarias, solo mencionaron no tolerar el fuerte olor provocado por los COV's (especialmente aromáticos presentes) pero ninguno dio testimonio de haber sentido mareos ni trastornos parecidos.

Este proceso opera de manera continua de lunes a domingo, durante las horas del día (horas de oficina), esto es de 08:00 hasta 16:00 en promedio. Existen días en que el despacho se extiende hasta un poco mas tarde (generalmente los viernes y en ocasiones los lunes) mientras que en otros días la actividad se da por concluida mucho mas temprano (especialmente los domingos).

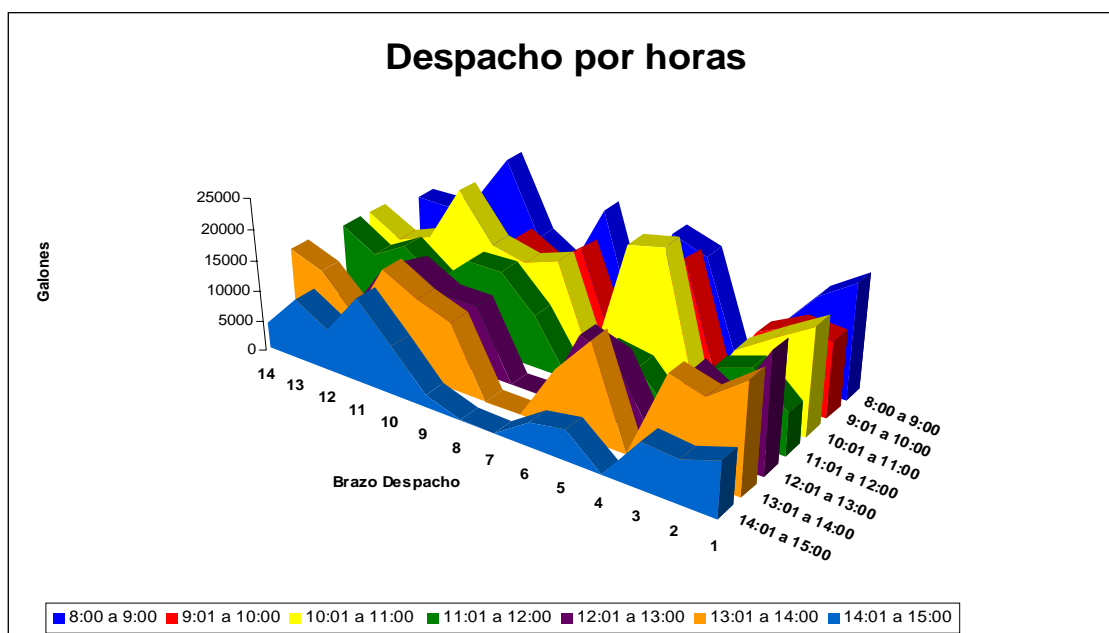
A fin de recopilar información para el inventario de emisiones sobre una base horaria, se realizó un monitoreo de los despachos en cada hora. El monitoreo se basó en registrar la cantidad despachada durante cada hora, este monitoreo se llevó a cabo el viernes 17 de junio del 2005 obteniendo como resultados los de la tabla 10-4:

Tabla 10-4. Despacho horario. Beaterio

No.ISLA	BRAZO CARGA	PRODUCTO	VOLUMEN DESPACHADO (Galones)						
			8:00 a 9:00	9:01 a 10:00	10:01 a 11:00	11:01 a 12:00	12:01 a 13:00	13:01 a 14:00	14:01 a 15:00
2	1	Extra	19000	12500	17600	7000	19550	18150	9000
	2	Extra	15000	13000	14000	12000	9000	13500	7000
	3	Diesel Prem.	8000	10000	10000	10000	12550	15000	7450
	4	Diesel Prem.	0	0	0	0	0	0	0
1	5	Extra	16000	18000	22500	6000	10000	16000	5000
	6	Extra	18000	13000	21200	7000	12000	9500	4000
	7	Super	0	0	0	0	0	0	0
	8	Jet A1	18500	14600	15000	8700	0	0	0
3	9	Diesel 2	7000	10000	13000	14000	11000	11000	2000
	10	Diesel 2	10500	13000	14250	14000	11000	13000	8000
	11	Diesel 2	22000	6000	21500	9000	14000	16000	14000
	12	Diesel 2	14000	2500	12200	13000	11000	6500	7000
	13	Super	11000	4000	10000	10000	3000	12100	10000
	14	Super	11000	6500	13000	13150	2000	14000	4100

Fuente: Terminal EL Beaterio, información recopilada en campo

Elaboración: A. Cepeda, 2005



Fuente: Información levantada en campo

Elaboración A. Cepeda, 2005

Gráfico 10-3. Despachos de combustible por cada brazo de despacho en cada hora. Terminal El Beaterio

Los volúmenes de despacho presentados en la tabla 10-4 resultan ser los únicos indicadores de actividad horaria del Terminal El Beaterio registrados; además, el

personal administrativo y operativo de ese establecimiento asegura que son representativos de la actividad cotidiana, y también que esos valores no han cambiado significativamente desde el año 2003. En virtud de esos argumentos, se los ha considerado relevantes para la creación de un perfil horario de actividad de las islas de despacho a los autotanques. A partir de la información levantada se obtienen los perfiles demostrados en la tabla 10-5 y gráfico 10-4

Tabla 10-5. Perfil horario de despacho de combustibles a camiones cisterna. Terminal El Beaterio

PRODUCTO	% VOLUMEN DESPACHADO						
	8:00 a 9:00	9:01 a 10:00	10:01 a 11:00	11:01 a 12:00	12:01 a 13:00	13:01 a 14:00	14:01 a 15:00
Gasolinas	18%	14%	20%	11%	11%	17%	8%
Diesel	16%	11%	18%	15%	15%	16%	10%
JET A1	33%	26%	26%	15%	0%	0%	0%

En el gráfico 10-4 se puede reconocer que los despachos de gasolinas y diesel varían poco durante el transcurso de las horas del día, mientras tanto, el JET A1 únicamente es despachado durante la mañana.

Esta información de perfiles horarios no es definitiva y tampoco es el mejor acercamiento posible a las actividades del Terminal, razón por la cual debe ser reforzada; sin embargo, es el único perfil horario existente para esta fuente es por ello que se lo toma como referencia para la estimación de emisiones.

10.1.1.1.5 Despacho por poliducto

Consiste en el bombeo, mediante la estación de bombeo *Beaterio*, instalada en la misma locación hacia otro poliducto. El producto a incorporar al poliducto pasa directamente desde el tanque de almacenamiento hacia el grupo de bombas y de ahí mediante otro manifold (conjunto de válvulas) es inyectado hacia la tubería que lo llevará hasta el Terminal Ambato.



Imagen 10-23.Las 3 Islas de despacho de combustibles (Terminal El Beaterio)

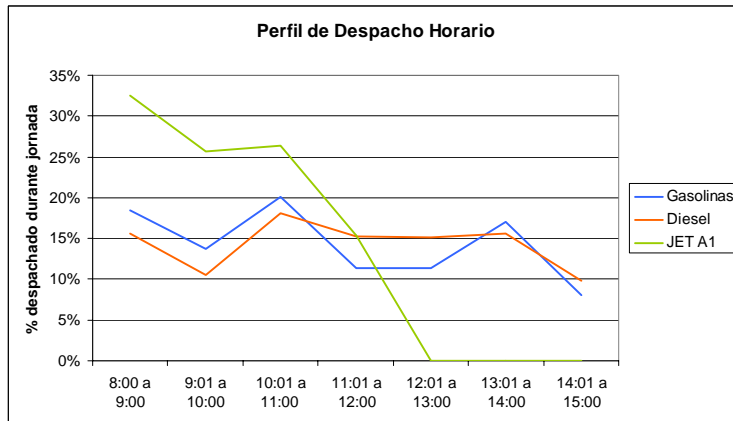


Gráfico 10-4. Perfil de despacho de combustibles a camiones cisterna. Terminal El Beaterio

Los procesos de bombeo de combustibles fuera del Terminal se consideran no contaminantes desde el punto de vista de emisiones evaporativas de COV's hacia la atmósfera, debido a que se producen dentro de circuitos cerrados, esto es en tuberías y grupos de accesorios, que si bien pueden presentar fugas, derrames y pérdidas en general, no serán considerados en el presente inventario puesto que las emisiones fugitivas que se puedan presentar serían muy poco representativas en relación a las evaporativas, además porque cuantificarlas requeriría de que se imponga y practique metodología adicional.

Vale recalcar que la misma estación de bombeo se encarga de enviar el producto a los tanques de almacenamiento o bien al poliducto.



Imagen 10-25. Estación de bombeo Beaterio. A la derecha se ve el manifold que comunica la tubería de conducción con cada uno de los tanques de almacenamiento de productos limpios.

10.1.2 Ecuafuel

En el presente estudio será definido como un centro de almacenamiento y distribución estratégica de combustibles², debido a su ubicación y cobertura de mercado. Ecuafuel es el depósito encargado de recoger y distribuir combustibles para la aviación en el área de estudio.

Está ubicado dentro del límite urbano de Quito, en la zona sur del aeropuerto internacional Mariscal Sucre, en la avenida Amazonas, a 30 metros de la calle Río Topo.

Este establecimiento distribuye combustibles para la aviación exclusivamente en un rango de entre 70.000 y 90.000 galones diarios. Para tal fin cuenta con infraestructura de almacenamiento y despacho de productos.

En Ecuafuel se manejan únicamente dos tipos de combustibles que son entregados directamente a las aeronaves que así lo requieran, estos son:

- JET A-1
- Gasolina de aviación AVGAS 100/130

Sin embargo, la gasolina de aviación es muy poco comercial en relación al JET A1, de tal forma de que los volúmenes de AVGAS que se despachan son muy reducidos. En el año 2003 se despachaban, como promedio, 2.040.000 galones mensuales de JET A1.

² También se lo conoce como *DEPÓSITO*

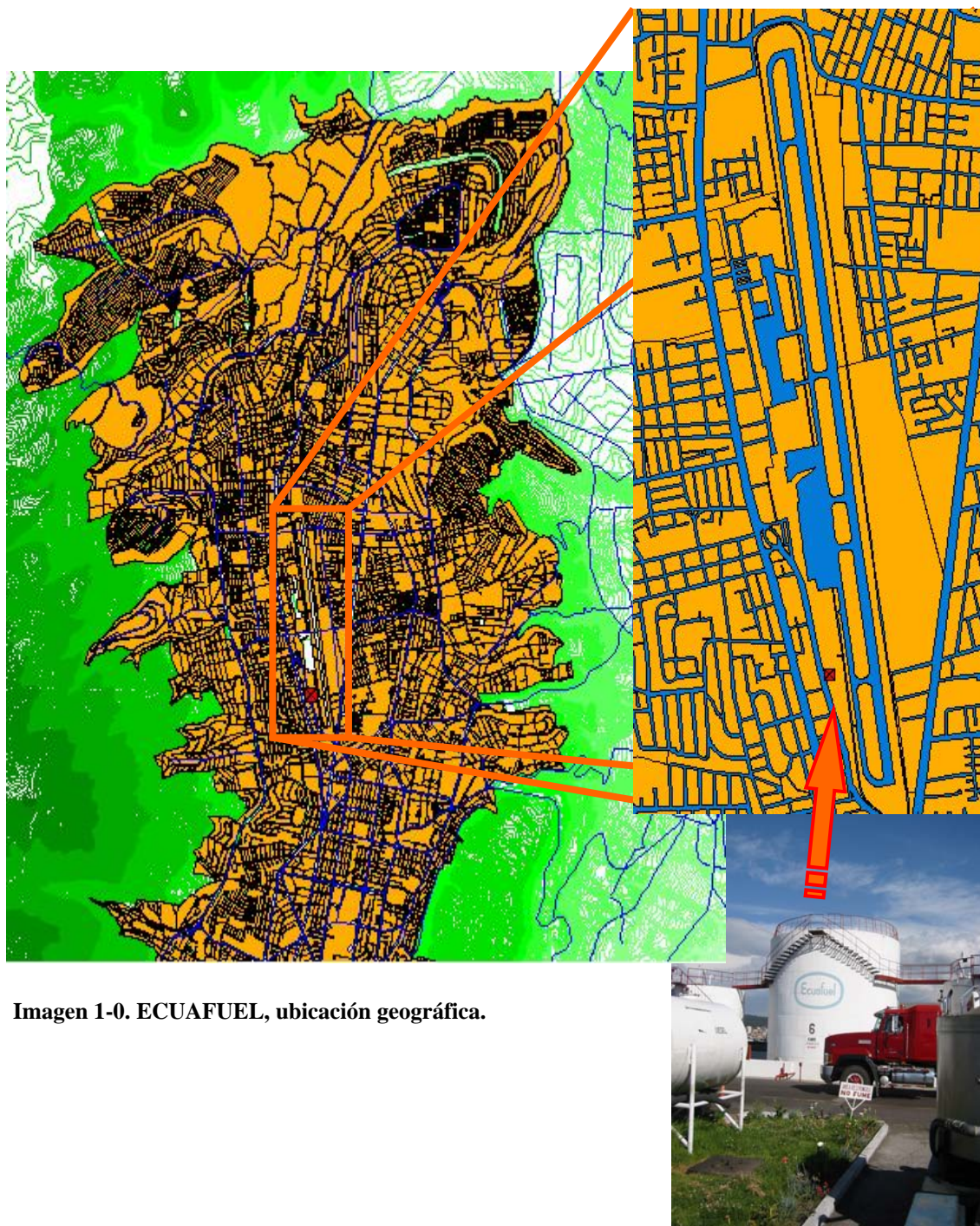


Imagen 1-0. ECUAFUEL, ubicación geográfica.

Tabla 10-1. Promedios de despacho de aerocombustibles. Ecuafuel³

Producto	Promedio de despacho (Galones)					
	DÍA			Semanal	Mensual	Anual
	Lunes a Viernes	Sábado	Domingo			
JET A1	80000	50000	60000	371443	1485772	17829264

³ Valores de despachos diarios han sido proporcionados al autor de forma verbal por personal operativo de Ecuafuel. No son cifras definitivas ni medidas, representan únicamente cantidades de referencia.

10.1.2.1 Actividades desarrolladas en Ecuafuel

Dentro de las actividades del centro de acopio y distribución Ecuafuel, las siguientes son relevantes respecto a la estimación de las emisiones:

- Recepción de producto
- Almacenamiento
- Despacho a Auto tanques
- Despacho a Aeronaves

10.1.2.1.1 Recepción de producto

El Jet A1 llega a Ecuafuel a diario desde el Terminal El Beaterio en una cantidad aproximada de 80000 galones. Al aeropuerto llegan entre 6 y 10 auto tanques diarios (cada uno transporta 10000 gal.).

En esta actividad, se llevan a cabo procedimientos de seguridad rigurosos para evitar derrames y fugas del producto; además, antes de ingresar a los tanques de almacenamiento el JET A1 es sometido a un conjunto de *pruebas abreviadas* que buscan verificar la calidad del producto; a continuación, es inyectado a un sistema de filtros que buscan librarlo de impurezas (imágenes 10-16 y 10-17).

10.1.2.1.2 Almacenamiento

Las instalaciones de Ecuafuel tienen seis tanques para almacenar los 2 tipos de combustibles que se manejan. Cuatro de ellos son verticales con techo fijo cónico y alojan al JET A1 (imagen 10-18).



Imagen 1-1. Inspección visual y revisión de densidad, primera fase de pruebas abreviadas. Ecuafuel.



Imagen 1-3. Auto tanque despachando JET A1. A su derecha se ve el conjunto de filtros. Ecuafuel

Otros dos son horizontales (imagen 10-19) y en ellos se almacena la gasolina de aviación. Otros dos son horizontales (imagen 10-18) y en ellos se almacena la gasolina de aviación.

Los diseños y dimensiones han sido parcialmente unificados, y no se han reconocido sistemas de reducción ni recuperación de COV's vaporizados. La razón por la cual se han diseñado de esta forma es porque el Jet Fuel es considerado un derivado

de petróleo poco volátil en relación a los demás, debido a sus largas cadenas de hidrocarburos que lo hacen más *pesado*.

Tabla 1-2. Tanquería disponible en Ecuafuel.

Tq #	Producto	Tipo	Techo	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Altura(cm)			Volumen (galones)	
						Total	Max Llenado	Llenado Real Promedio	Operativo	Diseño
1	JET A1	Vert.	Fijo cónico	611,2	-	587,5	548,5	274,3	42796,0	45528,8
2	JET A1	Vert.	Fijo cónico	611,2	-	587,5	548,5	274,3	42766,0	45528,8
3	JET A	Vert.	Fijo cónico	611,2	-	587,5	548,5	548,5	42761,0	45528,8
4	AVGAS 100/130	Horiz.	-	213,9	798,2	221,0	213,0	106,5	7577,2	7577,2
5	AVGAS 100/130	Horiz.	-	272,0	672,0	277,0	271,0	203,3	10315,4	10315,4
6	JET A1	Vert.	Fijo cónico	916,1	-	893,5	871,0	653,3	148987,0	155579,4
	JET A1	Autotanque								10000,0
	JET A1	Autotanque								10000,0
	JET A1	Autotanque								10000,0
	JET A1	Autotanque								10000,0
	JET A1	Autotanque								8000,0
	AVGAS 100/130	Autotanque								5000,0

Fuente: ECUAFUEL, información levantada en campo.

Adicionalmente, los combustibles también se mantienen almacenados en los auto tanques, desde luego, con un tiempo de residencia menor. De hecho, después de cargar combustible, el camión es abastecido enseguida de producto, el cual es mantenido así almacenado hasta el próximo despacho. Cabe resaltar que el procedimiento consiste en mantener siempre el compartimiento del auto tanque lleno, esto para evitar pérdidas por evaporación, tomando en cuenta que las cisternas de estos camiones se sellan totalmente y no permiten la salida de vapores a la atmósfera durante el almacenamiento.



Imagen 1-5. Tanques 1, 2, 3, 6. Almacenamiento JET A1. Ecuafuel.



Imagen 1-7. Tanque 4. Almacenamiento AVGAS 100/130. Ecuafuel.



Imagen 1-9. Auto tanques. También almacenan producto. Ecuafuel.

El almacenamiento de producto en los auto tanques llenos a plenitud se justifica de la siguiente forma: al existir menor espacio libre de producto en el tanque de almacenamiento, habrá menor espacio que pueda ser ocupado por vapor, reduciendo la diferencial de presiones entre la fase vapor y líquido dentro del compartimiento; además, se evita que se forme condensación en las paredes del recipiente; entonces, se puede decir que el principio es similar para el uso de tanques de techo flotante.

Es necesario mencionar que los tanques de almacenamiento de JET A1, tienen en su domo superior un cuello de ganso cada uno, y válvulas de alivio de presión en los tanques que almacenan AVGAS. Nótese que los cuellos de ganso son conductos que permiten el contacto directo del interior del tanque con la atmósfera. Y operan para permitir la entrada y salida de fluidos gaseosos en los procesos de ingreso y despacho de producto, asimismo, permiten la libre salida de vapores desde el interior del tanque.



Imagen 1-10. Cuello de ganso en tanque de techo fijo cónico. Ecuafuel.



Imagen 1-11. Accesos para aforo manual, tanque techo fijo cónico. Ecuafuel

Además de lo mencionado, se reconocieron accesos de aforo en los tanques verticales. Los mencionados accesos no garantizan un cierre hermético, por lo tanto también representan una salida libre de COV's a la atmósfera.

A las actividades de almacenamiento de los tanques en Ecuafuel, se suman los procedimientos de *drenaje diario*. Es una práctica cuya finalidad es garantizar, nuevamente, la alta calidad requerida en los aerocombustibles. Consiste en evacuar al menos 50 galones diarios de combustible, que provienen de la parte inferior del tanque. En ese volumen se hacen pruebas abreviadas en busca de presencia de sedimentos y agua, principalmente. Posteriormente, las muestras regresan al tanque luego de pasar por el sistema de filtros.



Imagen 1-12. Salida para drenaje diario, tanque #2. Ecuafuel

Por otro lado, se ha reconocido en este estudio que la infraestructura de fabricación data de fechas de construcción del aeropuerto Mariscal Sucre, alrededor del año 1972. Durante el reconocimiento realizado para el presente trabajo, se han encontrado minúsculas fugas y algunos derrames sobre las plataformas (derrames superficiales); también, en la superficie de muchos materiales es notoria la corrosión causada por efectos atmosféricos, además de que los equipos empleados para las pruebas abreviadas ponen al combustible en contacto directo con la atmósfera (ver Imagen10-16). Adicionalmente, se evidenció el hundimiento en el techo del tanque número 6.

Desde el punto de vista de emisiones evaporativas de COV's, hay que mencionar que el estado de las facilidades de almacenamiento, influirá notablemente en la cantidad de emisiones que se generen. Principalmente, porque la cantidad elevada de fugas y el aumento de focos de emisión ponen a mayores volúmenes de combustibles, derivados de petróleo y sobre todo COV's (vapores) en contacto con la atmósfera.



Imagen 1-14.Derrames de hidrocarburos sobre la plataforma. Ecuafuel



1-15.Tanque # 6, techo desfigurado. Ecuafuel.

10.1.2.1.3 Despacho de producto

Como se explicó previamente, los productos que Ecuafuel despacha son prácticamente de uso exclusivo de aeronaves, por tanto su área de influencia abarca únicamente al aeropuerto. En el estudio presente no se consideran despachos a avionetas ni a automóviles de competición.



Imagen 1-17. Tanque #1, marcas de corrosión en juntas entre paredes y techo. Ecuafuel

Para despachar el combustible, Ecuafuel cuenta con auto tanques. El despacho de producto se da mediante su transporte desde las instalaciones de almacenamiento hasta el depósito de combustible de cada avión. Una vez ahí, se acopla una manguera entre el camión y el avión, que no permite fugas de combustible.

En este capítulo se menciona solo a los vehículos de transporte de aerocombustibles que operan dentro del aeropuerto. Son camiones que tienen una capacidad de 10000, 8000 y 5000 galones (véase tabla 10-7).

A la entrada y a la salida del compartimiento de combustible, también existen filtros granulares para controlar las impurezas presentes en el combustible. El diseño del tanque para aerocombustible de estos camiones-cisterna respeta medidas de reducción de emisiones por evaporación de COV's; concretamente, tienen instaladas y funcionando válvulas de alivio de presiones, que únicamente permiten la salida o entrada de vapores (y/o gases, respectivamente) para estabilizar la presión interna de los compartimientos. En el año 2003, en el aeropuerto operaban 6 de estos auto tanques, de los cuales 5 contenían JET A1 y 1 de ellos AVGAS

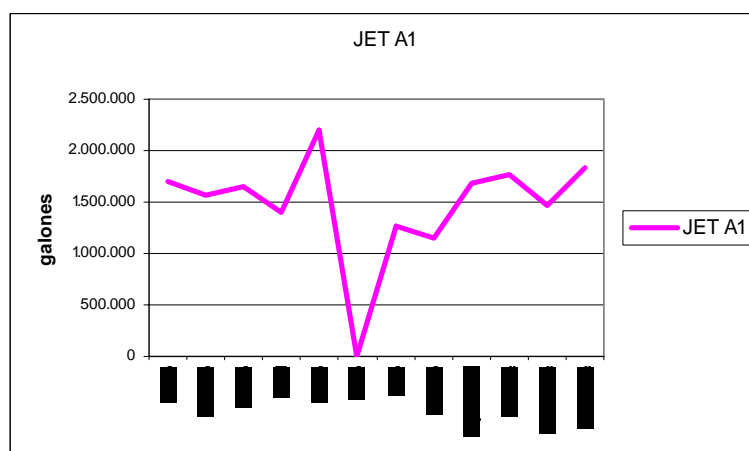


Gráfico 1-1. Despachos mensuales JET A1. Ecuafuel (fuente: Petrocomercial, 2005)

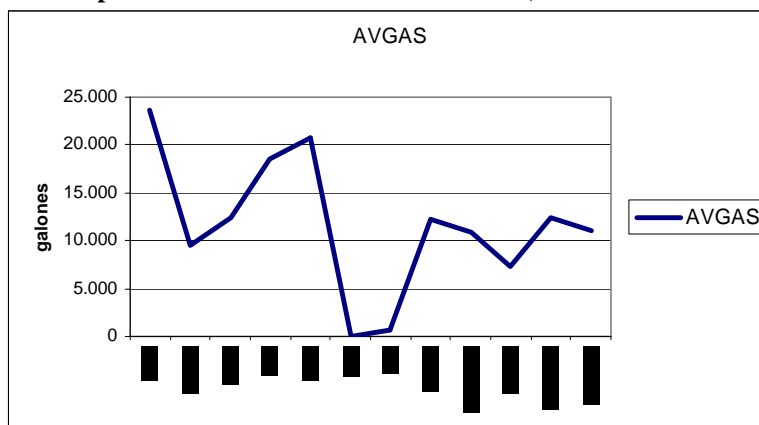


Gráfico 1-2. Despachos mensuales AvGas 100/130. Ecuafuel (fuente: Petrocomercial, 2005)

En cuanto a la recarga de aerocombustibles a los aviones, se ha reconocido que es una fuente relevante de emisión de COV's en el aeropuerto Mariscal Sucre. El mecanismo que justifica esta afirmación es la emisión por desplazamiento, que se ve agravada por la falta de sistemas de recuperación de vapores. Dicho desplazamiento ocurre en el momento de la recarga de combustible en el respectivo depósito de la

aeronave, en razón de que el volumen de combustible alimentado empuja hacia fuera al vapor de combustible que se alojaba en el respectivo tanque.

Los volúmenes de despacho empleados para la estimación de las emisiones se han obtenido de la información de actividades presentada por Petrocomercial en su portal WEB (Petrocomercial; 2005), sin embargo se ha encontrado alta incertidumbre en su consistencia con la realidad, puesto que se notó que para el mes de Junio, los despachos eran de 0 (cero) galones, tanto de JET A1 así como de AvGas, véase gráficos 10-5 y 10-6.

Para reducir la incertidumbre, se tomaron despachos anuales de 139.378 galones de AvGas y 17.689.896 de JET A1, y mensualmente se considerará que se despacharon 11.614 y 1.474.158 galones respectivamente.

La actividad en cuanto a la entrega de aerocombustibles desde Ecuafuel a los aviones se ve definida por el tráfico aéreo. Mientras tanto, es notoria la diferencia que existe entre las cantidades de despacho de Jet A1 y AvGas, se deduce que la gasolina de aviación (AvGas 100/130) ha tenido un volumen de despacho que no alcanza el 1% de lo que se ha despachado de JET A1⁴.

En el presente inventario se considera como fuente de emisión a la recarga de aeronaves, excluyéndose de la estimación de COV's evaporativos a las posibles emisiones que los camiones cisterna dejan salir desde sus compartimentos.

10.1.2.2 Consideraciones finales, Ecuafuel

Ecuafuel, como fuente puntual, resulta representativa debido a su nivel de actividad, y por la tecnología que maneja. Sin embargo, se puede pensar que estos factores se verían balanceados debido a que el combustible que más se usa en estas instalaciones resulta ser muy poco volátil.

⁴ 0.79%, 139.378 galones de AVGAS, frente a 17'689.896 gal de JET A1 despachados en el 2003.



Imagen 1-19. Recarga a auto tanque. Ecuafuel.

La información existente acerca de la actividad de Ecuafuel que se presenta ha sido recogida por medio de entrevistas al establecimiento. Lamentablemente, no existe un detalle minucioso acerca de volúmenes de despacho y demás datos (por ejemplo, dimensiones de tanques) ni ha sido posible revisar información en formatos electrónicos. Por lo tanto, los insumos de información que se presentan en esta parte del estudio, tienen un nivel de incertidumbre alto.

10.1.3 Estación de Servicio Petrocomercial

Su principal función es la de expender los combustibles al consumidor final. Esta estación de servicio (ES) es reconocida como la que mayor flujo de vehículos y volúmenes despachados, opera al menos en todo el área de trabajo, sus indicadores son mucho más altos que el resto de gasolineras en el área de trabajo, véase más adelante. Es considerada la gasolinera con mayor potencial de producción de COV's evaporativos en el área de trabajo, por lo que, para la estimación de emisiones evaporativas de COV's, será tomada en cuenta en el presente inventario como una fuente puntual.

Esta fuente puntual se encuentra dentro del límite urbano de la ciudad, en la zona central norte de la misma, en la intersección de las avenidas Eloy Alfaro y Amazonas.

Actualmente, La estación de servicio Petrocomercial solo comercializa Gasolinas (extra y super), pero en el año 2003 también abastecía a los consumidores de Diesel Premium.



Imagen 1-21. Ubicación Geográfica de la estación de Servicio Petrocomercial

La estación de servicio Petrocomercial es una fuente de emisión puntual de COV's evaporativos sumamente importante debido a que maneja una cantidad de productos derivados de petróleo alta, casi el 16% de la cantidad que despacho el terminal El Beaterio en todo el año 2003⁵; y además porque las medidas que se han tomado en cuanto al control de la emisiones de vapores son reducidas.

⁵ En el 2003, el Terminal El Beaterio despachó un total de 98'994.751 galones de Diesel Premium, gasolina Extra y gasolina Super a comercializadoras (Petrocomercial, 2004). Petrocomercial ES, por si sola puso en el mercado el 15.98% (15'820.776.1 galones en ese mismo año).

10.1.3.1 Actividades de Interés

Los procesos que se llevan a cabo en esta fuente puntual de COV's evaporativos como potenciales generadores de COV's fugitivos son muy semejantes a los de las demás fuentes puntuales. Y se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Recepción de producto
- Almacenamiento
- Despacho a consumidores

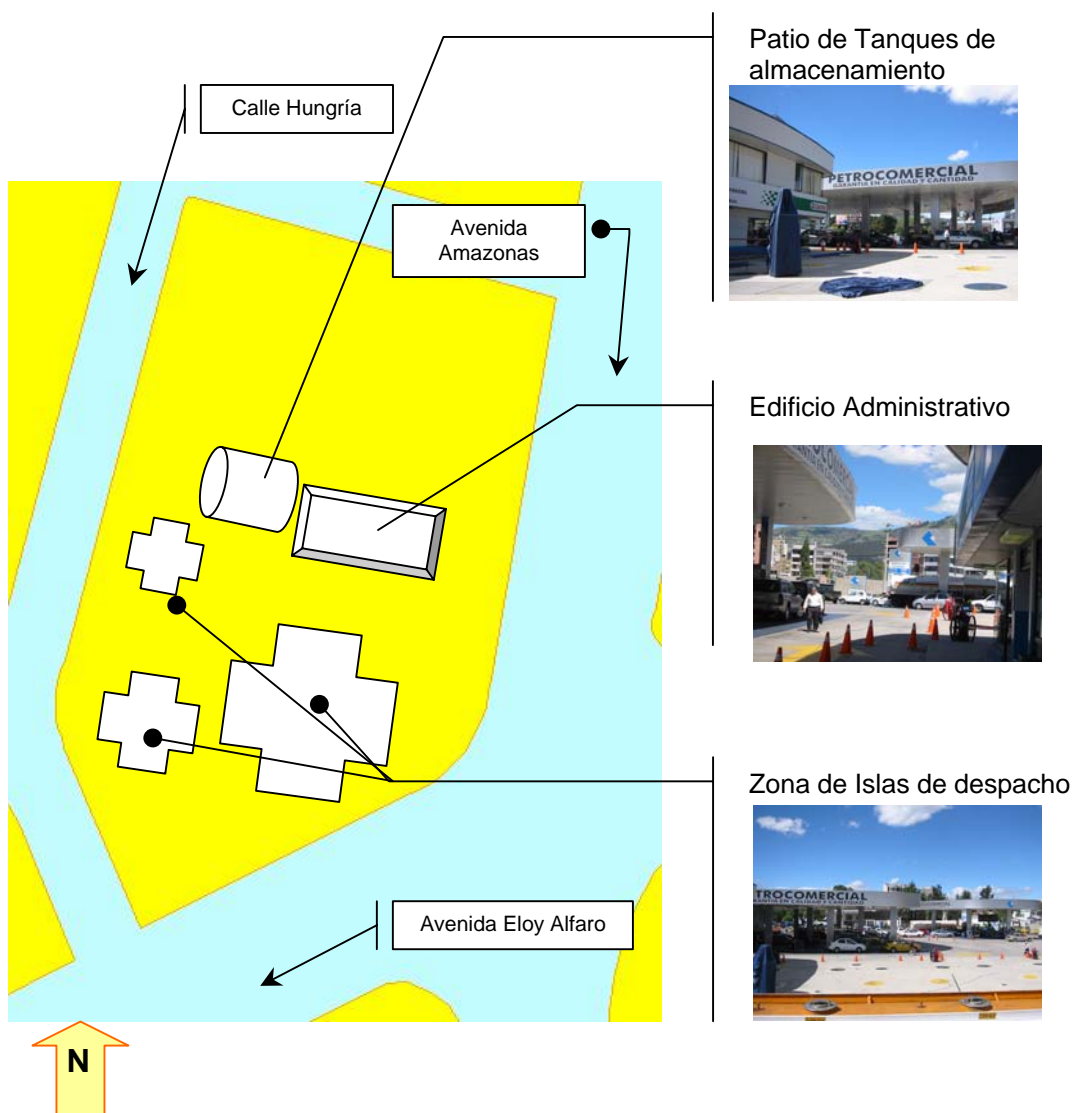


Imagen 1-24. Esquema de distribución espacial de la Estación de Servicio Petrocomercial

Desde el punto de vista de las emisiones evaporativas se considera que los 3 procesos descritos representan un aporte de COV's a la atmósfera, básicamente debido a la tecnología empleada.

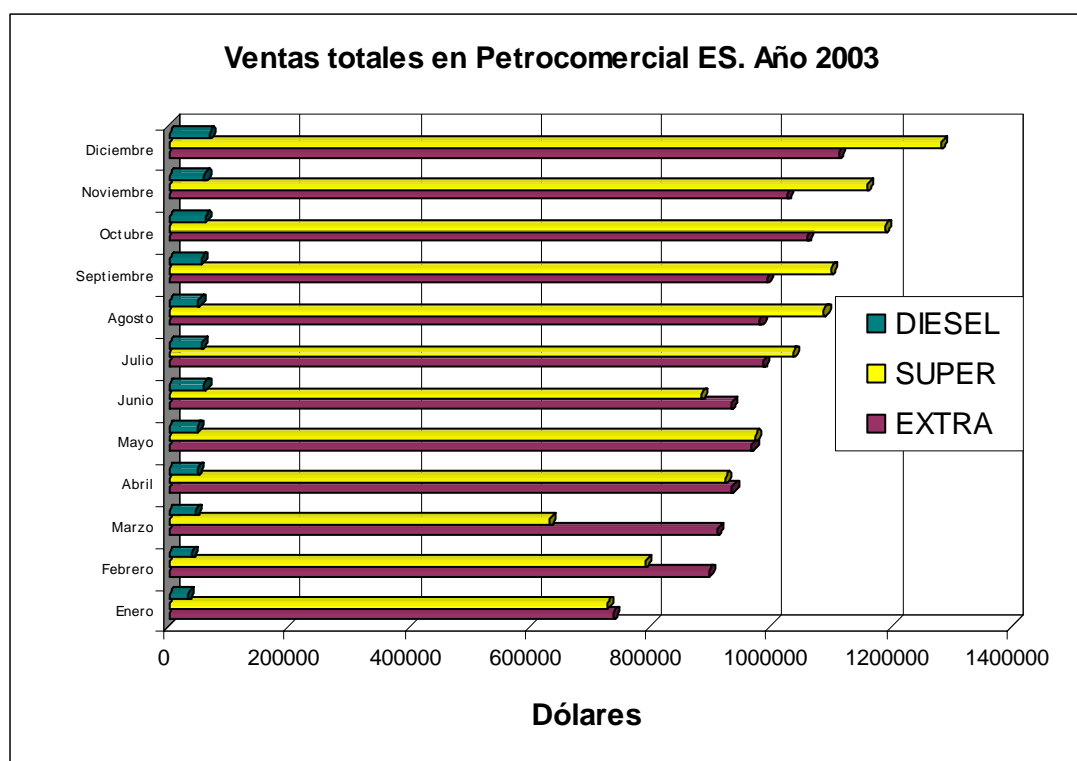
Esta estación de servicio tiene capacidades de atención a sus clientes que le facilitan destacarse considerablemente del resto de gasolineras en Quito. En primer lugar, tiene 9 islas de despacho, en cada una de ellas 4 surtidores y en cada surtidor 2 pistolas de despacho, una para cada producto, lo cual da un total de 36 surtidores y 72 pistolas. Segundo, atiende al público las 24 horas del día, su actividad de suministro de combustibles no se ve suspendida durante la semana, lo cual representa emisiones evaporativas constantes, de distinta magnitud, relacionado con el nivel de actividad que se da en cada hora. Por último, y posiblemente la razón más importante de su alto flujo, son los precios con que comercializan combustibles en Petrocomercial ES, de hecho, son los más bajos del mercado, esto parece ser un atractivo muy importante para la clientela, de tal forma que los vehículos llegan a las instalaciones de la estación constantemente. Por esas razones se reconoce a esta gasolinera como la de mayor actividad en el DMQ y su área de influencia.

Considerando los gráficos expuestos (Gráficos 11-1 y 11-2), se puede notar que el producto cuya venta es predominante es la Gasolina Super. Adicionalmente, nótese que los volúmenes de despacho de Diesel Premium son considerablemente menores.

10.1.3.1.1 Recepción de producto

Los combustibles llegan a Petrocomercial ES por medio de camiones cisterna, que los traen desde el Terminal El Beaterio. Como promedio, la gasolinera recibe 5 tanqueros diarios. Los auto tanques que suministran de gasolinas a esta estación tienen 2 tipos de capacidades:

- tanqueros con capacidad de 10000 galones
- tanqueros con capacidad de 6000 galones



Fuente: Estación de servicio Petrocomercial, información levantada en campo.

Elaboración: Andrés Cepeda

Gráfico 1-3. Ventas totales mensuales de combustible, por producto. Estación de Servicio Petrocomercial.

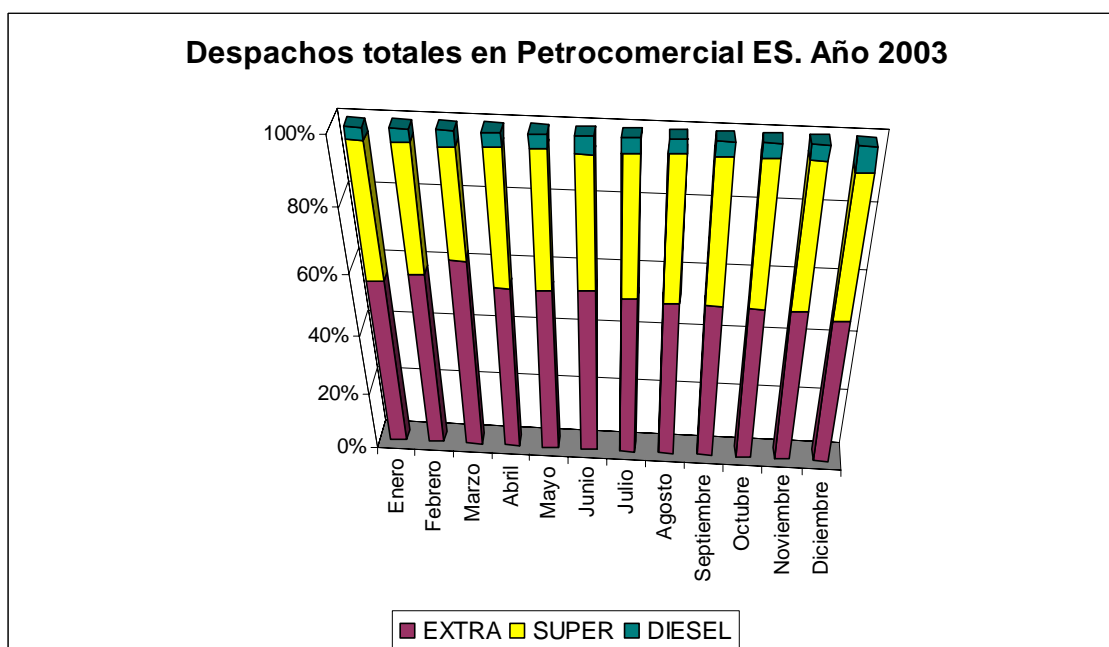


Gráfico 1-4. Despachos de combustibles en la estación de servicio Petrocomercial. Participación en despacho de cada producto. (Petrocomercial, 2005)

Este promedio de ingreso de producto no es definitivo debido a que muchas variables influyen en el requerimiento de combustible de la estación de servicio, lo cual la hace fluctuante. Sin embargo el personal administrativo ha presentado, verbal e informalmente las cifras expuestas.

Las variaciones en el volumen que ingresa a la estación no tiene una influencia importante en las cantidades de emisiones evaporativas de COV's (tanto así como el volumen de salida), pero las técnicas con que se realiza este procedimiento, definitivamente son determinantes a la hora de realizar la estimación.

Previamente a la descarga de producto desde el camión hasta los depósitos de la gasolinera, se toman muestras del combustible para verificar visualmente su estado. Para este efecto, se toman aproximadamente 10 galones de producto procedimiento que se repite para cada uno de los camiones que entregan combustible a la estación de servicio.



Imagen 1-25. Toma de muestra de combustible. Petrocomercial ES

En resumen, en estas instalaciones, como prácticamente en todos los procesos de las demás fuentes de emisión, se realizan recargas de producto superficiales, por salpicadura. Como se explicó previamente, esta práctica eleva la cantidad de emisiones evaporativas.

Imagen 1-27 Acople de manguera en entrada a tanques de almacenamiento. Petrocomercial ES (izquierda)

Imagen 1-28. Acople de manguera de válvula de salida de auto tanque. Petrocomercial ES (derecha)



Por otro lado, cabe mencionar que en Petrocomercial ES se utilizan algunos sistemas que reducen la emisiones evaporativas en la recepción del producto, esencialmente se trata de sistemas de transferencia cerrados entre auto tanque y tanque de almacenamiento. Pese a esto, las fuentes de emisiones siguen presentes especialmente en las válvulas de venteo de los tanques de almacenamiento (se explica mas adelante, en la parte de almacenamiento).

Un factor en contra del sistema de transferencia de producto del auto tanque al depósito en la estación de servicio es la velocidad con que se lo traslada. Se lo deja correr bajo la influencia de la presión hidrostática en el camión cisterna y la presión atmosférica, lo cual provoca que el combustible fluya bajo régimen turbulento. En la imagen 10-33 se puede reconocer la formación de espuma dentro del instrumento de acople entre la manguera y la boca de entrada a los tanques de almacenamiento.

El régimen turbulento de entrada del combustible le da una mayor mezcla con el aire de tal forma que pequeñas partículas de gasolina son suspendidas en el aire propiciando la formación de vapores. En el caso del ejemplo citado (imagen 11-20), la formación de espuma arrastra aire hacia el interior del tanque de almacenamiento, Y después, en su salida por las válvulas de venteo, el aire llevará consigo partículas de COV's.

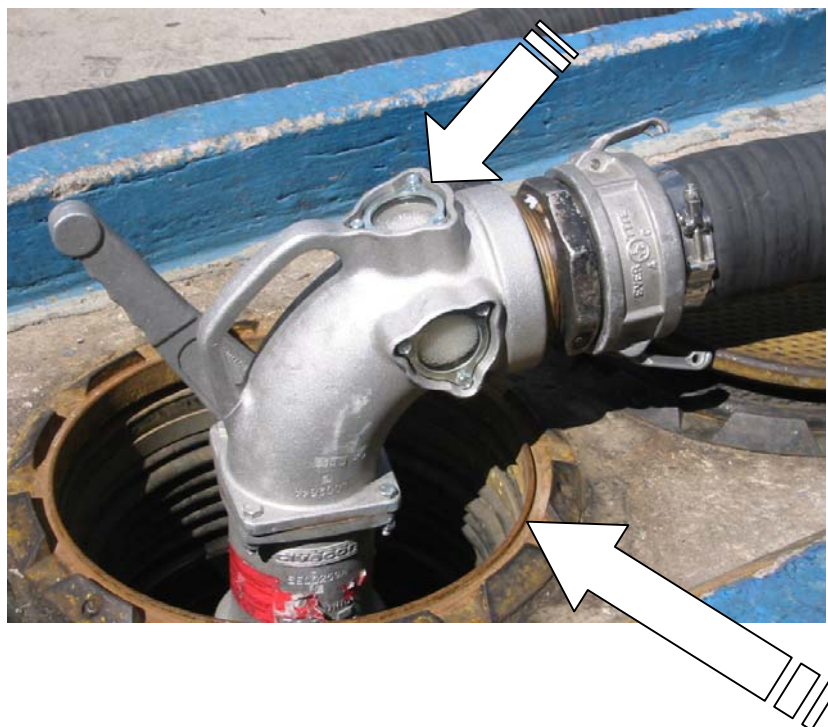


Imagen 1-29. Ingreso de combustible a tanques de almacenamiento, bajo régimen turbulento.
Petrocomercial ES.

También, otra actividad que causa emisiones evaporativas de COV's se refiere a la recarga de los tanques de almacenamiento. Las emisiones son producidas por el ingreso de producto y desplazamiento de vapores acumulados en el tanque. Estas emisiones se consideran como parte del proceso de almacenamiento.

10.1.3.1.2 Almacenamiento

Este proceso se ve sustentado por la presencia de 12 tanques horizontales subterráneos, en ellos se guardan gasolina super y extra por separado, estos tanques se ubican en el extremo oeste.

Desde el punto de vista de las emisiones evaporativas de COV's, en la gasolinera en cuestión, el área que alberga el patio de tanques es de alto grado de interés puesto que en la misma zona se desarrollan los procesos de recepción y almacenamiento.



Imagen 1-31. Patio de tanques. Petrocomercial ES.

En la imagen 10-34 se puede notar que al fondo se encuentran 2 camiones cisterna listos para la descarga del combustible, junto a ellos se encuentran las bocas de recepción de producto, las que alimentan al tanque. A la derecha están las válvulas de venteo de cada uno de los tanques, junto al edificio administrativo.

Los tanques de almacenamiento de Petrocomercial ES cumplen un patrón general de diseño; a pesar de ello, sus dimensiones y capacidades varían. Todos están enterrados dentro del mismo perímetro.

De la tabla 10-6 se puede reconocer que la fuente puntual en análisis tiene una capacidad de almacenamiento total de 130600 galones. Que en el año 2003, se comercializaba Diesel Premium, y que solo uno de los tanques estaba destinado a almacenarlo. Situación que ha cambiado para el 2005. Los tanques son comunicados con las islas de despacho, a donde se bombea el combustible para su comercialización,

en la tabla 10-7 se detalla a que surtidores alimenta cada tanque de almacenamiento. Finalmente, la misma tabla detalla las dimensiones de cada tanque, insumos que requiere el programa TANKS para la estimación de las emisiones.

Tabla 1-3. Tanquería disponible en Petrocomercial ES.

No.	Producto (2003)	Producto (2005)	Surtidores	Diámetro Interno (mm)	Largo (mm)	Altura Máxima llenado (cm)	Capacidad (Galones)
1	Extra	Extra	1-2-3-4	2.800	6240	260,5	10.600
2	Extra	Extra	5-6-7-8	2.790	6220	252,7	10.300
3	Extra	Extra	21-22-23-24	2790	6220	257,8	10.400
4	Super	Super	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12	2810	7430	254,7	12.300
5	Extra	Extra	9-10-11-12	2800	6260	261,3	10.500
6	Extra	Extra	13-14-15-16	2770	6260	256,1	10.300
7	Extra	Extra	25-26-27-28	2780	6280	251,9	10.200
8	Super	Super	13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24	2790	7500	261,4	12.400
9	Extra	Extra	17-18-19-20	2780	6290	255,2	10.400
10	Extra	Extra	29-30-31-32-33-34-35-36	2790	6270	244,7	10.400
11	Super	Super	25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36	2800	6250	259,2	10.400
12	Diesel	Super	29-30-31-32-33-34-35-36	2810	7460	257	12.400
						TOTAL	130.600

10.1.3.1.3 Despacho a Consumidores

Este proceso se refiere a la comercialización directa del producto a los consumidores finales. En el caso de Petrocomercial ES, los consumidores finales son vehículos livianos que se abastecen de combustible. El área de influencia se extiende a automóviles que requieren tanto gasolina Extra como gasolina Super.

Para tal efecto, la estación de servicio en estudio tiene instaladas 9 islas de despacho con 4 surtidores de combustible cada una; en cada surtidor existen 2 mangueras, una para el despacho de gasolina Extra y la otra para gasolina Super. Gracias a esto, Petrocomercial ES tiene la capacidad de recibir a 36 automóviles a la vez⁶. Sin embargo, se pudo constatar que no pueden estar despachando los 36 surtidores al mismo tiempo.

Como se mencionó previamente, el despacho procede de una forma ininterrumpida durante el transcurso del día, y lo mismo ocurre en el plano anual, la estación de servicio Petrocomercial funciona las 24 horas del día y los 365 días del año.

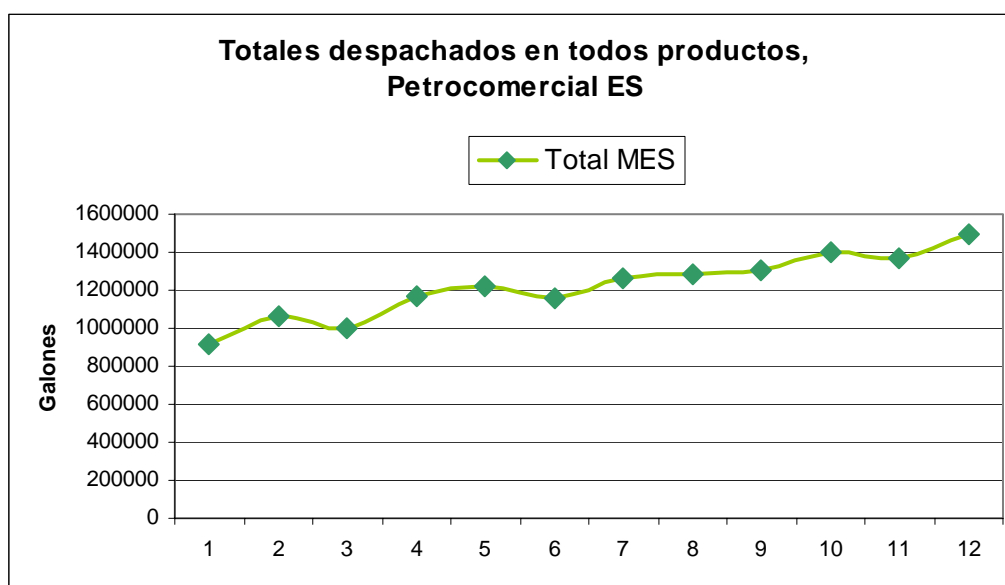


Gráfico 1-5. Volúmenes acumulados de despacho mensual en todos los productos, año 2003.
Petrocomercial ES.

En el gráfico 10-5 se aprecian los valores acumulados de despacho en cada mes del año 2003, según la información presentada por Petrocomercial ES, existe una tendencia de ascenso conforme avanza el año.

⁶ Esta cantidad de vehículos a la vez se refiere a aproximaciones netamente teóricas, dado que la estación no funciona a un 100% de eficiencia, en la práctica no es posible aprovechar a plenitud toda la capacidad de funcionamiento de la estación de servicio.

Adicionalmente, la información presentada por Petrocomercial denota que en el año 2003 se despachó un volumen acumulado durante todo el año, (para los 3 productos comercializados) de 26'968.219,97 galones.

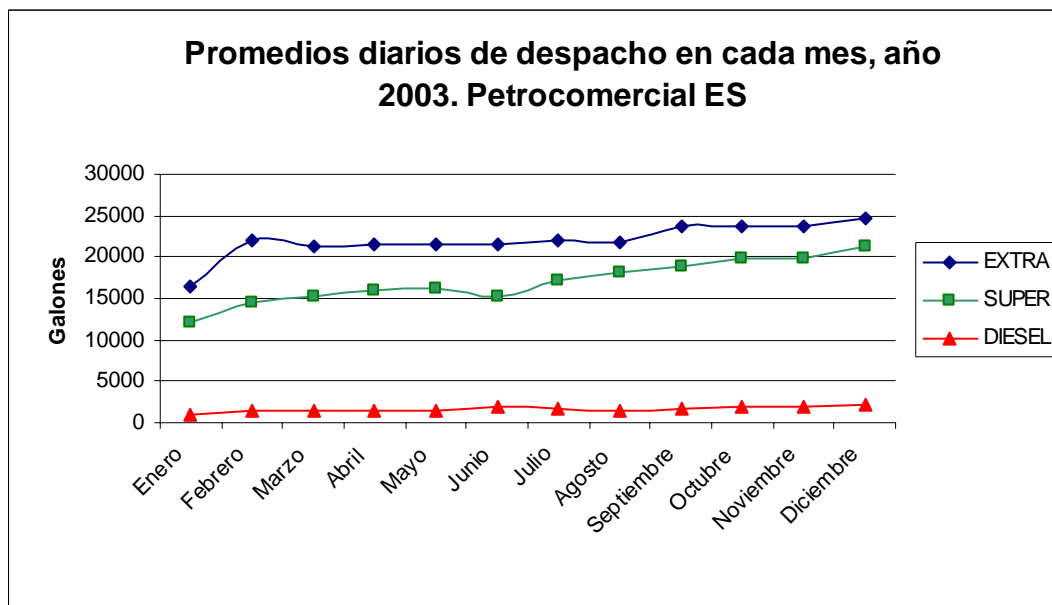


Gráfico 1-6. Promedios de despacho, año 2003. Petrocomercial ES⁷.

El Gráfico 10-6 muestra como se comportan los despachos de cada uno de los productos, y se nota que en el primer trimestre del año, la gasolina Extra tiene promedios diarios de despacho más altos; pero, aproximadamente en los dos últimos trimestres, prevalece la comercialización de gasolina Super. Por su lado, el Diesel se mantiene poco representativo en relación a las gasolinas. Asimismo, para diciembre es evidente el ascenso en el consumo de combustibles en esta estación de servicio, evidenciándose ascensos significativos⁸.

Los valores que se presentan corresponden a los volúmenes comercializados en todas las islas de despacho.

⁷ Los valores de despacho de esta fuente se presentan anexos al presente informe, en las secciones 20.5 y 20.6

⁸ Los incrementos son de alrededor un 100%, comparado con el mes anterior, Noviembre.

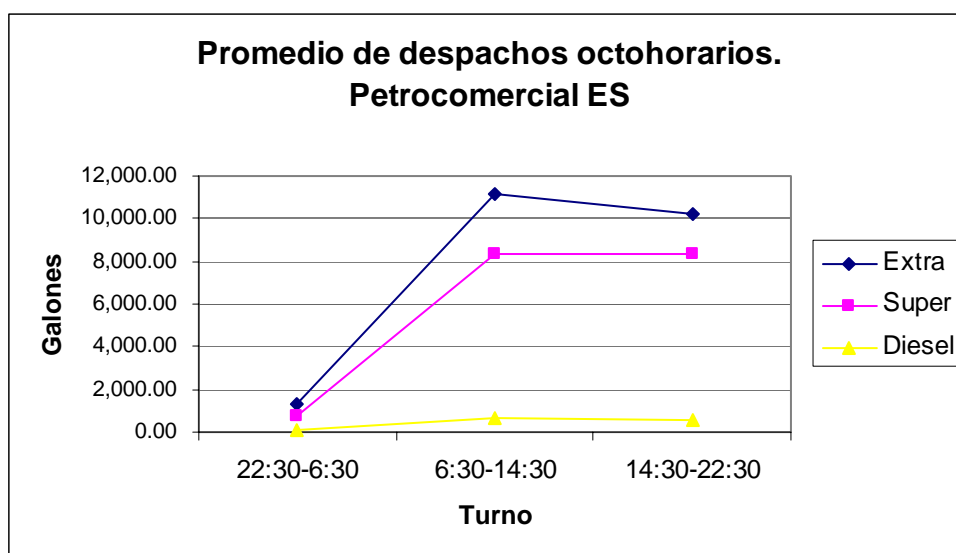


Gráfico 1-7. Volúmenes promedio de despacho por turnos. Petrocomercial ES⁹

Desde el punto de vista de flujo horario¹⁰ de la actividad en Petrocomercial ES, se puede notar que la mayor intensidad en el proceso de despacho de da en horas de la mañana. En la tarde también se registran valores parecidos, especialmente para despachos de gasolina Super, pero en el caso de la gasolina Extra los despachos promedio decaen en aproximadamente 1000 galones. Mientras tanto, que en la noche y madrugada se habla de un promedio de aproximadamente 1000 galones despachados en gasolinas y el diesel, en promedio, se despachaba alrededor de los 100 galones (ver Gráfico 1-6).

Finalmente, en el proceso de entrega de combustibles a los consumidores finales no se ha registrado que sean tomadas medidas con el afán de reducir emisiones evaporativas de COV's. De hecho, en todas las áreas de la estación de servicio se percibe un fuerte olor a vapores provenientes de combustibles.

Los dispositivos de carga de las islas de despacho, así como los de los vehículos permiten la libre salida de COV's a la atmósfera, no existen sistemas, ni procedimientos de recuperación de vapores. Asimismo, los operadores de los surtidores no utilizan equipo de protección personal (EPP) que los prevenga de aspirar COV's.

⁹ El detalle de despachos de Petrocomercial ES se presenta anexo a este documento, secciones 20.5 y 20.6

¹⁰ Petrocomercial ES únicamente registra actividad octohoraria, para cada uno de los 3 turnos de trabajo que se llevan a cabo en el día.



Imagen 1-33. Afluencia de vehículos a islas de despacho en horas de la mañana. Petrocomercial ES



Imagen 1-34. Despacho de combustible a vehículo. Petrocomercial ES.¹¹

10.1.3.2 Consideraciones Finales, Petrocomercial ES

¹¹ Nótese que el conductor y el operador se encuentran muy cerca de la boca de entrada al tanque de combustible del automóvil, fuente de emisión de COV's. Operador no utiliza EPP.

De la estación de servicio descrita, son dos áreas las que representan principal preocupación en cuanto a generación de emisiones evaporativas. Éstas son:

- Patio de Tanques
- Área de Islas de despacho

En el patio de tanques se lleva a cabo la recepción de productos, que representa emisiones en el momento de la descarga, en lo que respecta a las prácticas de acople de mangueras y demás dispositivos, ventilación de auto tanques y emergentes derrames de gasolina sobre la plataforma. Asimismo, se encuentran ubicadas las 12 válvulas de venteo de los 12 tanques de almacenamiento junto con las bocas de entrada a los depósitos de combustible.

El área de islas de despacho presenta emisión durante las 24 horas del día. En primer lugar, debido a que está en actividad ininterrumpida; y en segundo, porque la emisión COV's evaporativos no está controlada. Adicionalmente, la cantidad de surtidores en el área es elevada: son 36 los surtidores, (72 pistolas de despacho de combustible) en una superficie aproximada de 4400 m² ocupados por la gasolinera¹².

Adicionalmente el área de oficinas y locales comerciales presenta un potencial riesgo debido a que en ella se encuentran trabajadores que llevan a cabo sus actividades en espacios con menor ventilación que el patio de tanques y la zona de islas de despacho.

10.1.4 Estaciones de servicio

En el presente trabajo se han incluido dentro del inventario, a todas las estaciones de servicio existentes dentro del área de trabajo. Así, se incluyen algunas estaciones de servicio ubicadas en la provincia de Pichincha y otras en Imbabura. Las estaciones inventariadas son las identificadas por el ministerio de Energía y Minas (MEM), mediante la dirección Nacional de Hidrocarburos (DNH). La lista de gasolineras que se evalúan en el actual inventario se encuentra en los anexos 1 y 2. En el

¹² Superficie que ocupa toda la estación de servicio. El área de islas de despacho es considerablemente menor.

área de trabajo se han identificado 175 estaciones de servicio, además de Petrocomercial ES.

10.1.4.1 Descripción.

Las actividades que se llevan a cabo en las estaciones de servicio son las mismas que Petrocomercial ES. La diferencia que se define entre éstas y Petrocomercial ES, además de sus nivel de actividad y participación en le mercado, se refiere esencialmente a quien las administra, las estaciones de servicio mencionadas en esta sección son administradas por empresas privadas, mientras que Petrocomercial ES es una entidad estatal.

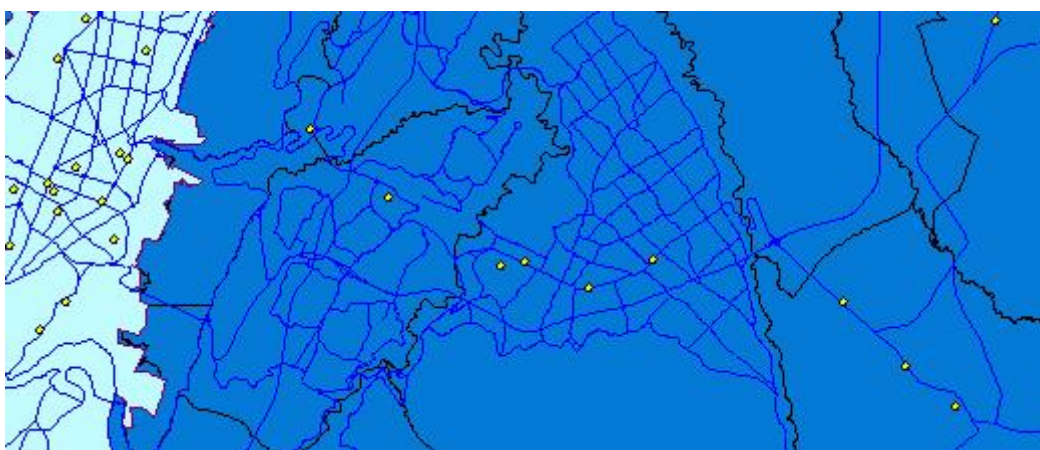


Imagen 1-35. Ubicación de estaciones de servicio.

Entonces, en el presente inventario se considera que las prácticas con que se llevan a cabo las actividades, el diseño de sus instalaciones, y, en definitiva, las medidas tomadas para la reducción de las emisiones evaporativas, son semejantes entre Petrocomercial ES (explicado en sección anterior) y las estaciones de servicio privadas.

En cuanto a la ubicación geográfica se debe tomar en cuenta que la ubicación de estaciones de servicio sobre el plano geográfico¹³ se puede considerar como definida por las vías de tránsito vehicular, como se advierte en la imagen 10-1. Asimismo, nótese que la mayor cantidad de estaciones de servicio se encuentra aglutinada en el límite urbano de Quito.

¹³ Las coordenadas geográficas de casi todas las estaciones de servicio en estudio fueron proporcionadas por la Dirección Nacional de Protección Ambiental (DINAPA) del Ministerio de Energía y Minas.

Desde el punto de vista de emisión de COV's, se reconocerá que en las estaciones de servicio se ubican válvulas de venteo de tanques subterráneos de almacenamiento a una altura variante entre los 0 y 3.5 m sobre el nivel de la plataforma de la gasolinera.

Los valores exactos de despacho de cada una de las estaciones de servicio no han sido entregados por la DNH¹⁴, por lo tanto se han estimado los volúmenes de despacho de acuerdo a la metodología empleada (véase capítulo 11, *METODOLOGÍA*)

En la imagen 10-37 se muestra un acercamiento sobre los valles de Tumbaco y Cumbayá, cada circunferencia representa una estación de servicio y las líneas azules a vías de comunicación. Nótese que la ubicación de las gasolineras se ve dependiente del trazado de las carreteras.

10.1.5 Terminal de Gas Licuado de Petróleo Oyambaro

Estas instalaciones son las encargadas de recibir, almacenar y despachar el gas licuado de petróleo obtenido en las refinerías estatales. En Oyambaro se recibe el combustible desde el poliducto <Shushufindi-Quito>, se almacena el gas en tanques esféricos y se despacha a auto tanques para su posterior envasado y comercialización al consumidor final.

Este Terminal ocupa un área aproximada de 30 hectáreas y se encuentra ubicado en el extremo sur oriental, fuera del límite urbano de Quito, pero dentro del DMQ. Esto es, en el sector Inga Bajo, Km 13 1/2, vía Pifo - Sangolquí, en el cantón Rumiñahui en la provincia de Pichincha. Exactamente en las Coordenadas geográficas (Petrocomercial, 2004):

- 78° 21' 20" O , 00° 17' 55" S (long / lat)

¹⁴ El detalle de los despachos de las mas de 170 gasolineras se ha anexado al documento, en la sección 20.2



El terminal Oyambaro está emplazado en un área rural, pero de actividad industrial considerable, puesto que a su alrededor se encuentran dos industrias envasadoras de GLP. Adicionalmente, comparte el mismo predio con el relleno sanitario “El Inga” que recoge los desechos sólidos de Quito.

Anteriormente, el Terminal de GLP estaba ubicado en el mismo predio del Terminal El Beaterio, sin embargo, por la presión de la población de esa zona fue trasladado hacia Oyambaro. El Terminal GLP Oyambaro funciona en su actual ubicación desde el año 2003.

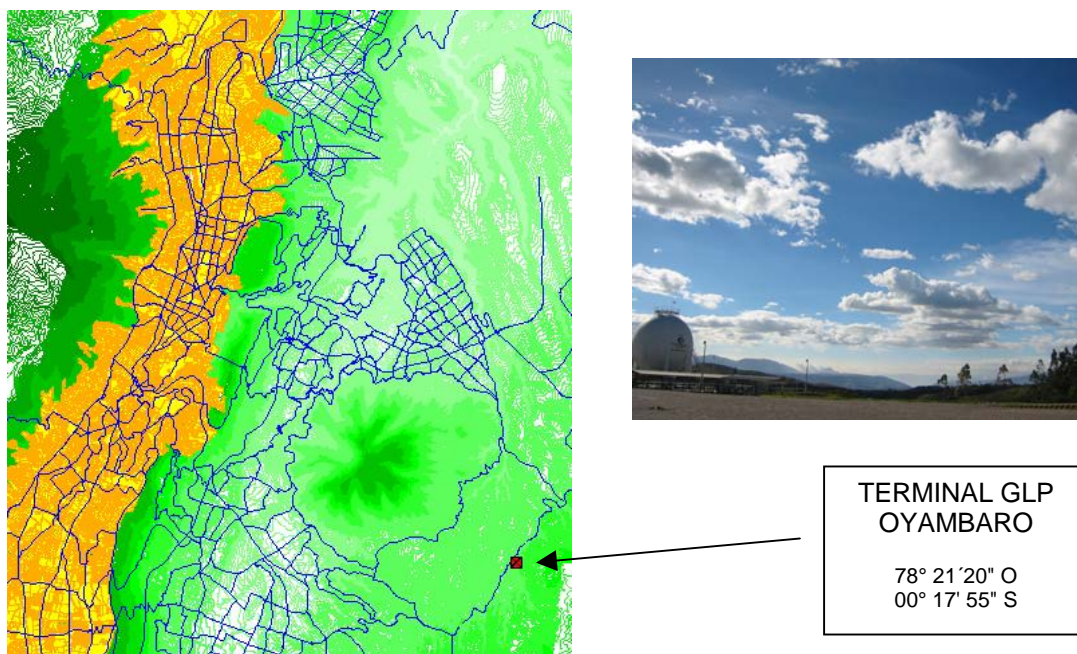


Imagen 1-36. Ubicación geográfica Terminal GLP Oyambaro

Este Terminal abastece a auto tanques, de distintas comercializadoras de GLP, con énfasis en la zona centro-norte del país a las provincias de: Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo (Petrocomercial, 2004).

Desde el punto de vista de alcance de objetivos del presente estudio, cabe destacar que en este terminal se evita al máximo cualquier salida de producto hacia fuera del sistema. Para asegurar que desde Oyambaro no se incorpore GLP a la atmósfera, en el área de almacenamiento se encuentran instalados sistemas que garantizan tal objetivo.



Imagen 1-37 Relleno Sanitario "El Inga" y Terminal GLP Oyambaro. El relleno se ve al lado derecho, tras los tanques esféricos.



Imagen 1-39. DURAGAS - (Repsol GAS). Centro de envasado de GLP. Se ven las instalaciones tras el muro con el letrero *SEGURIDAD ANTE TODO*, a escasos 800m del Terminal GLP Oyambaro, a la izquierda, las 2 islas de despacho de GLP

En el Terminal Oyambaro únicamente se recibe el producto por medio de poliducto y se lo despacha a través de auto tanques. No se lleva a cabo envasado de cilindros de gas. Los volúmenes de recepciones y despachos de GLP en Oyambaro se pueden apreciar en la Tabla 10-9.

Tabla 1-4 Acumulado Movimiento GLP. Año 2003. Terminal Oyambaro

MES	Datos en kilogramos de GLP			
	RECEPCIONES		DESPACHOS	
	BOMBEO	TANQUEROS	CILINDRO	TANQUERO
Enero	6113600	0	0	6832190
Febrero	5941974	0	0	4120157
Marzo	4858297	0	0	6634649
Abril	5681735	0	0	5475862
Mayo	4627753	0	0	4438300
Junio	4128162	0	0	3500310
Julio	4376252	0	0	4812949
Agosto	5204331	0	0	5121988
Septiembre	3434921	0	0	3590868
Octubre	3866077	0	0	3564289
Noviembre	4217809	0	0	3599343
Diciembre	4528252	0	0	4872043
ANUAL	56979163	0	0	56562948
	56979163		56562948	

Fuente: Petrocomercial, administración del Terminal GLP Oyambaro. Información levantada en campo

Adaptación: Andrés Cepeda

10.1.5.1 Procesos

La actividad de este Terminal se puede resumir en tres partes fundamentales:

- Recepción de producto
- Almacenamiento
- Licuefacción
- Despacho a auto tanques

10.1.5.1.1 Recepción

Se refiere al ingreso de producto desde el poliducto Shushufindi – Quito a las instalaciones del Terminal. Para esta operación tiene un tren de válvulas reductoras que disminuyen la presión con que llega el producto bombeado por el poliducto. A continuación se transfiere el GLP hacia un grupo de bombas que lo envían a los tanques esféricos de almacenamiento.



Imagen 1-41. Zona de transferencia de producto. Terminal GLP Oyambaro.



Imagen 1-43. Grupo de bombas en Terminal GLP Oyambaro.

Como se dijo previamente, el combustible llega al terminal por medio del poliducto. Las partidas que traen GLP desde la refinería Amazonas (en Shushufindi), llegan mezcladas en su parte final e inicial con *nafta base*.

Las mezclas entre GLP y nafta son enviadas a un tanque separador denominado BULLET, en donde se aíslan por decantación ambos combustibles, aprovechando la diferencia de densidades entre el GLP y la Nafta Base. El GLP es enviado a las esferas de almacenamiento, mientras que la nafta es llevada a un tanque de almacenamiento de residuos denominado SLOP.

El tanque SLOP del terminal Oyambaro tiene un techo cónico fijo y una capacidad de almacenamiento de 30 m³.

En la tabla 10-10, se detalla la actividad del tanque SLOP durante el año 2004. Se puede notar que los valores totales no coinciden, lo cual significa una pérdida del producto, es probable que estas pérdidas se den por la evaporación de la gasolina de bajo octanaje. Concretamente, en el año 2004 fueron 775 galones los que se han evaporado (según la información proporcionada por la administración del Terminal GLP Oyambaro). Eso representa un 0.52% de producto que ha ingresado al mencionado tanque.

El tanque SLOP maneja un flujo de producto no muy alto, así mismo, la nafta que almacena no es tan volátil como las otras gasolinas. Sin embargo, su diseño y operación no son los más adecuados para reducir emisiones de COV's a la atmósfera. En primer lugar, el techo fijo cónico permite la formación de vapor sobre la superficie del líquido; y en segundo termino, el acceso para el aforo manual, no se cierra herméticamente, de hecho pasa abierto, ventilando el tanque constantemente (imagen 10-45), razones por las cuales se ha incorporado a este tanque dentro del inventario de emisiones.

Tabla 1-5. Recepciones y despachos del tanque SLOP, galones de nafta base. Teminal GLP Oyambaro, año 2004. (Fuente de datos: Petrocomercial; 2005)

DIA	RECEPCIONES	DESPACHOS
	Interfase (gal)	Tanqueros (gal)
Enero	13.188	17.289
Febrero	16002	8076
Marzo	5.040	8.500
Abril	12276	8531
Mayo	11983	8616
Junio	13650	17159
Julio	11046	8014
Agosto	15918	16340
Septiembre	11844	15880
Octubre	14700	7581
Noviembre	13.230	16.874
Diciembre	10458	15700
Total	149.335	148.560



Imagen 1-44. Vista general de infraestructura de recepción de producto. Tanque Bullet, Tanque SLOP, Esferas. Terminal GLP Oyambaro.



Imagen 1-45. Facilidades de transferencia de producto de un proceso a otro dentro del Terminal GLP Oyambaro.

Además, debido a que este tanque tiene un techo fijo cónico, soldado a sus paredes, cuenta en su techo con una chimenea (válvula) de alivio que libera vapores del interior del tanque al alcanzarse una presión dada (imagen10-46). Los aumentos elevados de presión en este tipo de tanques se dan principalmente cuando se les inyecta producto, causándose el desplazamiento de volúmenes al interior del recipiente. En principio, estas válvulas están diseñadas para reducir presiones internas del tanque al

ocurrir acumulación de vapores; sin embargo, como en el caso de los tanques de techo fijo del terminal El Beaterio, su funcionalidad se ve reducida al permanecer abierto el acceso para aforo manual (imagen 10-45).



Imagen 1-46. Acceso para aforo en tanque SLOP, abierto. Terminal GLP Oyambaro.



Imagen 1-47 Chimenea/válvula de alivio en tanque SLOP. Terminal GLP Oyambaro

10.1.5.1.2 Almacenamiento

El gas licuado de petróleo en éste terminal se almacena en tanques esféricos, que también se conocen simplemente como *esferas*. En la tabla 10-11 se muestra las capacidades de almacenamiento del terminal, en Barriles y Toneladas Métricas.

Tabla 1-6. Detalle del área de almacenamiento en el terminal Oyambaro (Petrocomercial, 2004)

Tanque No.	Producto	BLS		TM		Tipo de Tanque
		Total	Operativo	Total	Operativo	
TV 5	GLP	10.252	8.714	880	748	ESFERICO
TV 6	GLP	10.252	8.714	880	748	ESFERICO
TV 7	GLP	10.252	8.714	880	748	ESFERICO
TOTAL		30.757	26.142	2.640	2.244	

Para garantizar el control de emisiones, en los tanques esféricos, existe instalado un conjunto de elementos que garantizan que los vapores sean mantenidos dentro del sistema evitando salidas al ambiente.

En primer lugar, están las válvulas que se activan a una determinada presión, liberando el vapor hacia el *sistema de licuefacción*. Dicho grupo de válvulas está diseñado para mantenerse cerrado dentro de un rango de presiones máximas y mínimas (entre 115 y 125 psi), al sobrepasar los límites, permiten la salida del combustible para estabilizar el almacenamiento. Además, existen válvulas *de seguridad*, que liberan al combustible a la atmósfera al existir una sobrepresión de mayor magnitud, un sistema de enfriamiento externo de la *esfera* que funciona al presentarse un episodio de aumento de temperatura que pueda desencadenar en la crecida de la presión interna; y finalmente, están instalados sensores de monitoreo electrónicos, que convierten en innecesarias las mediciones manuales, los equipos son:

- Radar: para la medición del nivel de llenado del producto
- Sensores de presión y temperatura: Para el monitoreo de la estabilidad del combustible almacenado.



Imagen 1-48. Equipos y válvulas instaladas en domo superior de una de las esferas de almacenamiento: 2 válvulas de seguridad, sensores de temperatura y presión, radar, sistema de enfriamiento. Terminal GLP Oyambaro.



Imagen 1-50. Líneas de transferencia de producto desde esferas hasta sistema de licuefacción y viceversa. Salen desde el fondo de las esferas. Terminal GLP Oyambaro.

10.1.5.1.3 Licuefacción

Cuando en las esferas de almacenamiento se registra un cambio importante en la temperatura y/o presión del producto, se procede a estabilizar sus características mediante el sistema de licuefacción.



Imagen 1-52 Sistema de licuefacción. Terminal GLP Oyambaro



Imagen 1-53. Intercambiador de calor, sistema de licuefacción. Terminal GLP Oyambaro

En resumen, este proceso se encarga de enfriar, mediante intercambio de calor, al producto que ha sufrido un aumento en la presión. El sistema de licuefacción recibe volúmenes de producto inestable (presiones y/o temperaturas altas, sobre límites

establecidos), los procesa y los devuelve estabilizado a las esferas. De esta forma, se mantiene al producto dentro de un sistema cerrado y no se permite salidas de GLP (tampoco COV's) a la atmósfera.

10.1.5.1.4 Despacho a Auto tanques

Otro de los procesos más relevantes del Terminal GLP Oyambaro es el despacho de producto a las comercializadoras. El despacho de producto se lleva a cabo únicamente mediante la carga a camiones cisterna. Los camiones cisterna están diseñados de una forma distinta a los que transportan los otros combustibles considerados en el estudio presente (gasolinas, diesel, combustibles de avión). Los auto tanques que trasladan GLP se encuentran sellados herméticamente de tal forma que no se produzca *respiración* de sus compartimentos de almacenamiento, evitando el contacto de producto con la atmósfera.

Asimismo, el proceso de transferencia de GLP desde el terminal hacia el vehículo que lo transporta, está aislado del ambiente circundante casi en su totalidad, considerando en este caso minúsculas evaporaciones en el momento de acoplar la tubería al vehículo y al reducir la presión en el compartimiento de almacenamiento del auto tanque. Vale mencionar que este proceso se mantiene monitoreado constantemente por el *sistema de control* (que se explica más adelante en este capítulo).



Imagen 1-54. Despacho a auto tanque. Terminal GLP Oyambaro

10.1.5.2 Sistema de control

Desde el *centro de control* se lleva a cabo el monitoreo computarizado del estado del producto. Esto quiere decir que en una pantalla se ve desplegada toda la información concerniente a las actividades que se realizan y así mismo de los niveles de los parámetros de monitoreo, por ejemplo: temperatura, presión, densidad, caudal, volumen, etc. Este sistema de monitoreo, además, emite alarmas cuando alguna de las actividades o parámetros se salen de los límites establecidos, de tal forma que el operador puede tomar las medidas pertinentes a tiempo.

Como ejemplo, se presencié la subida en la presión de uno de los tanques esféricos, acto que fue controlado mediante la licuefacción de una parte del producto, que finalmente se estabilizó y volvió a la esfera. Así mismo, se presencié una mala conexión intencionada entre la manguera de despacho y la boca de recepción del auto tanque, enseguida el sistema de control emitió una alarma e impidió el despacho del producto.

10.1.5.3 Sistemas de Seguridad y Contra Incendios

El GLP, debido a su capacidad de expansión y alto poder calorífico, representa un combustible altamente explosivo, por lo cual existe en el terminal Oyambaro una serie de elementos que buscan garantizar la seguridad de quienes operan en el terminal y de las instalaciones. Básicamente, estos sistemas se diseñaron para detectar fugas de GLP que puedan llevar a explosiones.

Además de los sistemas de control de fugas que ya se enunciaron anteriormente, existen sensores de GLP en las zonas identificadas como críticas, esto es, en el área de almacenamiento (imagen10-52) y en el área de bombas (imagen 10-53). Los elementos de detección de fugas y además activan el sistema contra incendios (rociadores de espuma, principalmente) y alarmas en el centro de control.



Imagen 1-56. Detector de GLP, debajo de esferas. Terminal GLP Oyambaro



Imagen 1-57. Detectores GLP en área de bombas. Terminal GLP Oyambaro.

10.1.5.4 Consideraciones finales Terminal GLP Oyambaro

Como se ha visto, en este terminal se mantiene mucho cuidado respecto a reducir al máximo las emisiones *evaporativas*. Las emisiones de GLP a la atmósfera representan desventajas desde los puntos de vista económico y seguridad, tanto es así que se han tomado medidas concretas.

Desde el punto de vista de seguridad, representa un peligro gigantesco permitir la salida de GLP, especialmente debido a su alta explosividad tomando en cuenta que en

el relleno sanitario vecino se realizan quemas al aire libre de metano proveniente de descomposición anaerobia que ocurre allí. Por otro lado, la expansividad del GLP y la presión a la que se lo almacena, permitiría que, en el caso de no ser manipulado en circuito cerrado, fugue en grandes cantidades causando pérdidas económicas en extremo cuantiosas.

En cuanto a la tecnología utilizada en el terminal, se debe reconocer que convierte a las actividades en dinámicas, seguras, limpias y económicas. La principal ventaja de contar con el monitoreo sistematizado, es que da la facilidad de tener a todo un terminal en una sola pantalla, y realizar acciones mediante pulsación de teclas, sin tener que salir del centro de control; asimismo, la velocidad de respuesta se ve elevada al máximo al contar con alarmas para todas las variaciones desfavorables en las actividades. Por último, el monitoreo sistematizado, permite al personal del terminal reconocer fugas de COV's al ambiente y controlarlas oportunamente, de tal forma que sean casi nulas.

Para concluir, cabe destacar que la tecnología e instalaciones descritas previamente, prácticamente excluyen a los procesos de almacenamiento y despacho en el terminal GLP Oyambaro de ser una fuente puntual de emisiones evaporativas. Sin embargo, se estimarán las emisiones producidas por evaporación de COV's en el tanque SLOP debido a sus precarias características de construcción y operación.

11 METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES EVAPORATIVAS DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES PUNTUALES DESDE EL ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE EN EL ÁREA DE TRABAJO.

11.1 Contexto general

El presente inventario de emisiones de COV's evaporativos provenientes de centros de almacenamiento de combustible en el DMQ y su área de influencia se desarrolló mediante la estimación de emisiones. Esto supone el cálculo matemático de la cantidad de masa de COV's emitidos por cada una de las fuentes reconocidas en un lapso de tiempo definido. El producto que se obtiene representa un valor teórico que busca interpretar de la forma más acertada y sencilla posible el fenómeno de emisión de contaminantes a la atmósfera.

La estimación de las emisiones consiste en definir teóricamente¹⁵ la emisión producida por una fuente de acuerdo a la relación entre su nivel de actividad (determinado por un indicador de actividad¹⁶) y un factor de emisión (FE) reconocido para tal actividad. O bien, se puede determinar mediante la modelación matemática.

Específicamente, en el presente estudio se desarrolla la estimación de las emisiones mediante cálculos basados en la combinación de dos metodologías (que serán explicadas con mayor detalle más adelante):

- Utilización del modelo matemático de emisiones, denominado TANKS, y,
- Cálculo de emisiones mediante uso de Factores de Emisión.

Adicional a la determinación de la cantidad de emisiones, el inventario tendrá la capacidad de disgregar la información producida de manera temporal y espacial, con la

¹⁵ No se consideran mediciones ni monitoreos. Las emisiones se calculan sólo matemáticamente.

¹⁶ En el presente estudio, el indicador de actividad son volúmenes de despacho de combustible en cada una de las fuentes.

ventaja principal de disponer de emisiones georeferenciadas desde sus respectivas fuentes.

11.2 Determinación de Fuentes de Emisión

Para el inventario de las emisiones evaporativas del presente estudio, se han considerado como fuentes de interés a todos aquellos centros de gestión de combustible establecidos dentro del área de estudio.

Como centros de gestión de combustible se consideran:

- Estaciones de servicio que operen dentro del área de estudio
- Terminales de gestión a granel de productos limpios
- Centros de acopio y distribución estratégica
- Otras entidades que manipulen combustibles en cantidades superiores a 15.000 galones mensuales

11.3 Modelo TANKS¹⁷

Este modelo matemático ha sido desarrollado conjuntamente por la EPA y el API. Tiene como objetivo determinar la cantidad de emisiones de COV's producidas desde cada tanque de almacenamiento de Compuestos Orgánicos líquidos. La ventaja del TANKS es que se lo puede encontrar programado en lenguaje de computación; el programa presenta opciones para el ingreso de las variables incluidas en las ecuaciones que definen las emisiones.

Para tal fin, TANKS considera cuatro grupos principales de variables determinantes en la emisión de COV's evaporativos desde tanques de almacenamiento:

- Meteorología del sitio de emplazamiento de fuentes de emisión.
- Diseño y características del tanque de almacenamiento.
- Características fisicoquímicas del producto almacenado.
- Indicadores de actividad del tanque en estudio.

¹⁷ Es un programa gratuito que se lo puede descargar desde la WEB, www.epa.gov/ttn/chief/software/tanks/

Las unidades de medida establecidas en el programa TANKS para la modelación de emisiones de COV's desde tanques de almacenamiento son las del Sistema Inglés, para todos los parámetros de insumos y productos del programa.

11.3.1 Meteorología

Con esta variable se busca determinar la actividad meteorológica promedio de la zona en la que se encuentra. El TANKS requiere que se definan los siguientes campos de información:

- Temperatura máxima
- Temperatura mínima
- Temperatura media
- Radiación solar
- Presión barométrica
- Velocidad del viento

El mayor detalle requerido es el mensual. Para ingresar esta información a la base de datos del programa TANKS se tomaron como referencia los datos presentados por las redes de monitoreo meteorológico tal y como se describieron en el capítulo de Meteorología.

En la imagen 11-1 se presentan los datos meteorológicos registrados por el INAMHI en su estación Izobamba, al sur de la urbe, adicionalmente se incluyeron datos de radiación solar de la base de datos creada para la estimación de emisiones de COV's desde tanques ubicados al sur de Quito; esto es, para los tanques de almacenamiento ubicados en el Terminal El Beaterio.

Meteorological

City: **Quito Sur (Izobamba), Pichincha**

City: **Quito Sur (Izobamba)** State: **Pichincha**

Daily Average Ambient Temperature (F): **54,2** Atmospheric Pressure (psia): **10,25**

Month	Daily Maximum Ambient Temp. (F)	Daily Minimum Ambient Temp. (F)	Solar Insulation Factor (Btu / (ft ² *day))	Average Wind Speed (mph)
JAN	71,6	38,1	526,29	2,684
FEB	70,7	38,5	438,35	2,237
MAR	70,7	38,3	462,41	2,461
APR	73,04	40,1	449,4	2,237
MAY	70,16	4,1	466,75	2,237
JUN	69,44	39,9	477,92	3,355
JUL	71,06	38,3	482,78	3,579
AUG	71,96	35,6	576,37	12,53
SEP	71,24	33,8	575,45	3,355
OCT	71,06	36,1	571,77	2,237
NOV	68,9	33,3	539,83	3,355
DEC	69,26	39,9	533,39	2,237
ANN	64,83	37,7	508,39	3,5

Imagen 11-1. Ventana de ingreso de datos meteorológicos, se identifican datos meteorológicos registrados en la estación Izobamba (INAMHI). Programa TANKS

11.3.2 Tanque de almacenamiento

En esta opción se definen las características, dimensiones y diseño del tanque. El modelo cuenta con una lista de campos distinta para cada tipo de tanque. En el área de estudio del inventario únicamente se registraron tanques de los siguientes diseños:

- Tanque de techo fijo cónico
- Tanque de techo flotante externo
- Tanque horizontal (superficial)
- Tanque horizontal (subterráneo)

11.3.2.1 Techo fijo cónico

Para el cálculo de emisiones evaporativas de COV's desde este tipo de tanques, el programa requiere que sean ingresados los siguientes parámetros:

- Altura, diámetro, máximo nivel de llenado, capacidad operativa del tanque.
- Nivel de llenado promedio con producto¹⁸, despacho anual de producto, número de veces en que es vaciado el tanque¹⁹.
- Características de la cubierta: color y estado.
- Características del techo: color, estado, tipo (cono), altura de vértice y pendiente del techo.
- Presiones de válvula de venteo²⁰

Vertical Fixed Roof Tank

Identification | **Physical Characteristics** | Site Selection | Tank Contents | Monthly Calculations

Dimensions:

Shell Height (ft): 29,3143

Shell Diameter (ft): 30,06

Maximum Liquid Height (ft): 28,58

Average Liquid Height (ft): 21,43

Working Volume (gal): 148.987,00

Turnovers per Year: 29,683623

Net Throughput (gal/yr): 4.422.474,00

Is Tank Heated? No

Roof Characteristics:

Color/Shade: White/White (D)

Condition: Poor

Type: Cone

Height (ft): 1

Slope (ft/ft) (Cone Roof): 0

Shell Characteristics:

Shell Color/Shade: White/White (D)

Shell Condition: Poor

Breather Vent Settings:

Vacuum Setting (psig): 0

Pressure Setting (psig): 0

Copy Run Report Save Close Help

Imagen 11-2. Ventana de ingreso de características del tanque de techo fijo cónico. TANKS

En la imagen 11-2 se muestra la ventana que solicita información respecto a las características del tanque de almacenamiento, para el caso de tanques con techos fijos cónicos. Los valores corresponden al tanque #6 de Ecuafuel.

¹⁸ Altura promedio hasta la cual se mantiene lleno el tanque durante el año.

¹⁹ Este valor es calculado automáticamente por el programa.

²⁰ Se toman como valores nulos (cero) debido a que los accesos de aforo manual en los techos de todos los tanques se mantienen abiertos siempre.

11.3.2.2 Tanque de techo flotante externo

Imagen 11-3. Características físicas del tanque de techo flotante externo. TANKS

Debido a que las emisiones evaporativas en este tipo de tanques se da especialmente por las aberturas entre el techo y las paredes, se presta especial atención a los tipos de sellado que se han empleado en cada uno de los tanques. Para este tipo de tanque el programa solicita los siguientes campos de información:

- Diámetro, volumen y tipo de construcción del tanque (soldado).
- Número de veces de vaciado del tanque y despacho anual de producto
- Estado de cubierta de paredes interiores
- Color y estado de pintura de tanque
- Tipo De techo flotante (pontones) y grado de especificación de características de sellado.
- Sellados primario²¹ y secundario²²

En el área del inventario la única fuente que se conoce que tiene tanques de techo flotante es el Terminal El Beaterio, las características de diseño (más no de

²¹ El sellado primario de los tanques de El Beaterio dejan una reducida capa de vapor entre la superficie del líquido y el sello de neopreno.

²² En el 2003 (ni en el 2005) ninguno de los tanques de El Beaterio tuvo instalado sellado secundario

dimensiones) son similares para los 6 tanques de techo flotante instalados en dicha locación. En la imagen 11-3 se detallan las características físicas del tanque TB - 1003.

11.3.2.3 Tanque horizontal

Este tipo de tanque es característico de las estaciones de servicio, tanques horizontales subterráneos se encuentran en todas las gasolineras del área de estudio. Sin embargo, también existen tanques horizontales superficiales, en el presente inventario se consideran únicamente 2 que se ubican en Ecuafuel y almacenan gasolina de aviación (AVGAS 100/130).

The screenshot shows a software window titled "Horizontal Tank" with a blue header bar. Below the header is a tabbed interface with five tabs: "Identification", "Physical Characteristics" (which is active), "Site Selection", "Tank Contents", and "Monthly Calculations". The "Physical Characteristics" tab contains two main sections: "Dimensions:" and "Shell Characteristics:".

Dimensions:

- Shell Length (ft): 20,64
- Shell Diameter (ft): 9,121
- Working Volume (gal): 10.400,00
- Turnovers per Year: 102,390206
- Net Throughput (gal/yr): 996.101,44
- Is Tank Heated?: No (dropdown)
- Is the Tank Underground?: Yes (dropdown)

Shell Characteristics:

- Shell Color/Shade: (dropdown)
- Shell Condition: (dropdown)

Breather Vent Settings:

- Vacuum Setting (psig): 0
- Pressure Setting (psig): 0

At the bottom of the window are five buttons: "Copy", "Run Report", "Save", "Close", and "Help".

Imagen 11-4. Ventana para ingreso de características de tanques horizontales. TANKS

Las características del tanque de almacenamiento que requiere el modelo TANKS para los cálculos de emisiones de COV's son:

1. Longitud
2. Diámetro

3. Capacidad operativa del tanque.
4. Volumen de producto despachado durante el año
5. Veces en que sería vaciado el tanque durante el año.
6. Ubicación superficial o subterránea del tanque.
7. En el caso de los tanques que se encuentran sobre la superficie, también es necesario definir el estado de la cubierta y de su color.
8. Por último, es necesario especificar las condiciones de diseño de presión de la válvula de venteo: succión y alivio²³.

En la imagen 11-4 se muestran características del tanque horizontal enterrado # 9, de la estación de servicio Petrocomercial.

11.3.3 Producto almacenado

El programa permite definir las características fisicoquímicas del líquido que se encuentra almacenado en el tanque en estudio; cuenta con una base de datos completa donde se incluyen características de algunos derivados de petróleo. De acuerdo a consultas con expertos en la materia se han definido relaciones que permitan comparar los combustibles que se usan en el Distrito Metropolitano de Quito con los dispuestos por la EPA en el programa TANKS. Al verificar las características de los combustibles, se pudieron definir semejanzas de tal forma que no sea necesario crear bases de datos nuevas para los combustibles Ecuatorianos. Desde este punto de vista, resultó mas conveniente este procedimiento debido a que no se encontró información respecto a las características solicitadas por el TANKS, para tal fin era necesario realizar ensayos de laboratorio extensos y costosos con equipos únicamente disponibles en laboratorios de refinerías.

Las propiedades de los combustibles consideradas por el TANKS y los combustibles ecuatorianos a los que aplican se resumen en la tabla 12-1.

²³ Las válvulas de venteo de tanques horizontales subterráneos de las gasolineras en el DMQ son abiertas a la atmósfera.

Tabla 11-1. Características fisicoquímicas requeridas por el TANKS para la estimación de emisiones evaporativas de COV's desde tanques de almacenamiento.

Nombre de producto		Presión de Vapor		Peso Molecular *	
TANKS	EN EL DMQ	Presión de Vapor Reid (psi)	Presión de vapor* (psi)	líquido	vapor
Gasoline (RVP 6)	Nafta de bajo octano	6	2,9335	92	69
Gasoline (RVP 7)	Gasolina Extra	7	3,5	92	68
Gasoline (RVP 8)	Gasolina Super	8	4,0434	92	68
Destilate fuel oil No.2	Diesel 1,2, Premium	0	0,0074	188	130
Jet kerosene	JET A1	0	0,0085	162	130
Jet Naphta	AVGAS 100/130	0	1,3	120	180
*(60°F: 15,56°C)					

Imagen 11-5. Ventana para ingreso de características físico químicas de productos almacenados. TANKS

En la tabla 11-1 nótese que la Gasolina de Aviación (AvGas 100/130) se presenta con una presión de vapor Reid (PVR) nula, así se presenta este parámetro en la base de datos del TANKS. Los datos mostrados en la tabla 12-1 son los únicos insumos que se utilizan en el aspecto de propiedades fisicoquímicas para la estimación de emisiones evaporativas de COV's por medio modelo TANKS

11.3.4 Indicadores de actividad

Tienen como finalidad indicar el nivel de actividad que tiene cada tanque. El programa los define de acuerdo a los volúmenes de despacho, cantidades que demuestran el servicio que ha prestado el tanque en estudio.

Adicionalmente, se incluyen alturas promedio de producto durante el año, esto demuestra el volumen promedio que se ha mantenido en el tanque y se aplica a tanques de techo fijo para conocer el espacio sobre el producto que podría alojar vapores. Finalmente, el programa calcula automáticamente el número de veces anuales en que ha sido vaciado el tanque dependiendo de su capacidad y volumen de despacho.

Los indicadores de actividad descritos se especifican en las mismas ventanas del TANKS, en donde se detallan las características físicas de cada tanque.

11.3.5 Resultados

TANKS presenta los resultados en informes o *reportes* que pueden ser impresos, exportados o simplemente visualizados. El programa tiene la capacidad de presentar tres tipos de reporte de acuerdo a la especificad de sus resultados. En el más resumido de ellos, el TANKS presenta las emisiones y junto con la descripción del tanque, mientras que en el más específico, además se muestran los factores calculados para la estimación de emisiones, a más de todas las características incluidas para los cálculos en las ventanas de modificación de argumentos (ya descritas).

Por otro lado, el reporte puede mostrar un detalle de información mensual o anual. Esta propiedad se utiliza para definir las emisiones mensuales y anuales desde los tanques de almacenamiento estudiados

Adicionalmente, cabe destacar que las emisiones, como todas las demás variables, se las encuentra medidas en medidas del sistema inglés, en éste caso en *libras de COV's perdidas*²⁴.

²⁴ En este estudio, este término se interpreta como la masa de COV's como vapor perdida desde el tanque, es decir, la que ha pasado a la atmósfera.

11.4 Factores de emisión (FE)

Para el presente inventario se han adaptado factores de emisión sugeridos por la EPA. Estos factores están publicados en el AP-42, en la sección 5.2, concerniente a emisiones producidas desde estaciones de servicio y grandes terminales de distribución de combustibles.

Se han utilizado FE para definir el aporte de COV's evaporativos desde las *estaciones de servicio* así como desde el Terminal de productos limpios *El Beaterio*. Los factores de emisión son aplicados para estimar las emisiones evaporativas desde las actividades de recepción y despacho de combustibles en el terminal El Beaterio y Petrocomercial ES. En las estaciones de servicio del área de estudio se han empleado FE para estimar emisiones evaporativas de COV's generados en actividades de recepción, almacenamiento y distribución de combustibles.

Tabla 11-2. Factores de Emisión empleados en el inventario de emisiones evaporativas de COV's

FUENTE DE EMISIÓN	FE (kg/1000 gal)
Terminal (El Beaterio)	
Despachos a autotanques* :	
Gasolinas	5.4431
Diesel (1,2,Premium)	0.0136
Jet A1	0.0181
Estaciones de Servicio***	10.9769
Recarga de tanques subterráneos*	5.2163
Almacenamiento en tanques subterráneos	0.4536
Despacho a vehículos**	4.9895
Derrames	0.3175
Aeropuerto	
Recarga de aeronaves** :	
JET A1	0.0176
AvGas	4.5164
Terminal GLP Oyambaro	
Recarga a autotanques**	6.19 E-05
Modificado de: tablas 5.2-5 y 5.2-7, sección 5.2, AP-42, EPA, 2005 (Air Chief 12).	
* Transferencia de producto por salpicadura y sin recuperación de vapores	
** Despacho sin sistemas de recuperación de vapores	
*** Gasolina de PVR 7,5	

Las actividades que son consideradas como ocasionantes de emisiones evaporativas son las siguientes:

- Recarga de combustibles a auto-tanques
- Recepción de producto en tanques subterráneos
- Almacenamiento de producto
- Despacho de producto

En la tabla 11-2 se resumen los factores de emisión que han sido empleados en la estimación de emisiones de COV's presentados en este inventario.

Los factores de emisión presentados en la tabla 11-2 representan adecuaciones de los expuestos por la EPA en el AP-42, esencialmente se han seleccionado los correspondientes a actividades libres de control de emisiones evaporativas; Específicamente, en el caso de transferencia de producto (recarga) a tanques subterráneos y camiones cisterna, se han tomado FE correspondientes a recarga por salpicadura (superficial); usando este mismo criterio, se seleccionaron factores de emisión que representen emisiones generadas bajo operaciones donde no se disponga de sistemas de recuperación de COV's

11.5 Definición de los Indicadores de actividad

Los indicadores de actividad fueron obtenidos de manera oficial. Es decir, que fueron conseguidos mediante solicitud escrita dirigida a las entidades de control y empresas que tiene a su cargo cada una de las fuentes, las unidades en que se obtiene dicha información son galones de despacho (en todos los casos), despacho horario, octohorario, diario, mensual y anual (dependiendo de cada institución). Como sustento, se emplean los datos presentados en portal de Internet de Petrocomercial (www.petrocomercial.com), tomando en cuenta que esta es la empresa que suministra al mercado los productos considerados en el presente inventario como generadores de emisiones.

En el caso de los indicadores de actividad que no fueron proporcionados, se han utilizado promedios, y distribuciones equitativas. Por ejemplo, en los casos en que solo se disponía de volumen de despacho anual, se distribuyó éste en 12 veces, una para cada mes.

11.5.1 Estaciones de servicio

Específicamente, en el caso de las estaciones de servicio consideradas dentro del área de estudio, los indicadores de actividad proporcionados por la DNH se refieren a los volúmenes de combustibles adquiridos por cada gasolinera en el año 2003. Por tal motivo, hubo que estimar el volumen de despacho a través del cálculo del porcentaje de despacho del volumen de ingreso que adquiere una estación de servicio como promedio. Este cálculo se efectuó utilizando valores de 28 de las estaciones de servicio que funcionan en el área de trabajo, de las cuales se conocían datos mensuales de despacho del año 2003.

Las mencionadas estaciones de servicio operan normalmente y se encuentran dispersas por el DMQ, algunas dentro del límite urbano y unas cuantas en los valles y zonas aledañas fuera de la urbe, en la provincia de Pichincha; además, representan (en cantidad) más del 15%²⁵ de todas las estaciones de servicio inventariadas como fuentes de emisión, razones por las cuales se las considera representativas.

Después, se obtuvo el porcentaje de aprovechamiento comparando la cantidad de combustible de ingreso con la de salida, repitiendo el cálculo para las 28 gasolineras conocidas. El promedio de los porcentajes demostraba que, gracias a la información disponible, en esas estaciones de servicio se despachó el 96.715% del volumen de ingreso.

De este cálculo se ha excluido a Petrocomercial ES, debido a que su nivel de actividad es diferente al del promedio, es decir, de las demás estaciones de servicio; tanto es así, que se calcula que el porcentaje de despacho rodea el 98%.

²⁵ En el área de trabajo del presente inventario se encuentran 176 estaciones de servicio. De las que las 28 estaciones de servicio de las que se obtuvieron datos, representan el 15.97%.

Así mismo, para determinar los perfiles de actividad horarios, hubo que levantar la información, no fue posible encontrar indicadores de actividad en detalle horario, a pesar de que en algunos casos encontramos registros diarios de volúmenes despachados.

Los valores existentes se utilizan en este inventario para definir niveles de actividad promedios. Concretamente, para el año 2003, los promedios de despacho serán dependientes del volumen de producto adquirido por la estación de servicio en estudio; esta información se encuentra disponible.

11.5.2 Terminal El Beaterio

Los indicadores de actividad para esta fuente fueron proporcionados por Petrocomercial directamente. Adicional a las visitas de campo a las instalaciones del Terminal, se recibieron los datos de despacho de producto de cada uno de los tanques de almacenamiento durante el año 2003; consecuentemente, se pudo conocer la cantidad de combustibles entregado a los auto-tanques a través de las islas de despacho. Esto se obtuvo en detalle diario, lo cual permite hacer sumatorias mensuales y anuales, además de sus respectivos promedios.

En cuanto a perfiles horarios, hubo que levantarlos en campo, puesto que no se pudo encontrar registros para el año 2003. Para tal fin, fue necesario hacer monitoreos horarios en cada uno de los brazos de despacho durante toda una jornada. La selección del día de monitoreo fue sugerida por el personal administrativo y operativo del Terminal.

De todas formas, se presentan los resultados de los monitoreos de ese día y sus respectivas emisiones evaporativas en el capítulo 12

11.5.3 Petrocomercial ES

La información de indicadores de actividad fue proporcionada por la administración de la estación de servicio Petrocomercial. El máximo detalle existente fue el diario, y el detalle de despachos por turno de trabajo, es decir cada 8 horas. Esta

estación de servicio ha proporcionado los datos de ventas de combustibles, mediante su departamento contable, en el presente estudio se hicieron las transformaciones a unidades de volumen tomando como criterio de conversión los precios con que son comercializados los combustibles, de acuerdo a la tabla 11-3.

Tabla 11-3. Precios de productos comercializados en Petrocomercial ES

	Precio
Producto	US\$/galón
Gasolina Extra	1.45
Gasolina Super	1.94
Diesel Premium	1.04

Los valores de despachos producidos en cada turno han sido divididos para la cantidad de horas que comprende cada turno, con el objetivo de conocer la cantidad de volumen despachado de forma horaria. Los promedios diarios, han sido obtenidos encontrando la media aritmética de todas las cuantías conocidas del año 2003.

11.5.4 Ecuafuel

Se han obtenido los valores de despacho a través de los datos presentados por Petrocomercial en su portal de Internet. En el centro de acopio y distribución de aerocombustibles del aeropuerto Mariscal Sucre, Ecuafuel, únicamente se lleva seguimiento de esta información de forma manuscrita. Por lo tanto se procedió a recurrir a la información presentada por Petrocomercial debido a la facilidad de manipulación de los datos.

Los perfiles de actividad horarios y diarios en este depósito tampoco estaban registrados, fueron proporcionados de forma verbal por parte de los técnicos funcionarios de estas instalaciones. Entonces, con esta información se han calculado los promedios de actividad relacionando entre sí los volúmenes despachados conocidos, y consecuentemente las emisiones evaporativas en esa fuente.

11.6 Implicación de las fuentes de emisión

Como se ha descrito previamente, en este estudio se consideran como fuentes de emisión de COV's evaporativos a los centros de acopio y distribución de combustibles.

Gracias a que las actividades y productos manipulados en las fuentes de emisión en estudio son muy semejantes entre si, se puede asegurar que en las fuentes de emisión de COV's evaporativos tres actividades definen la emisión de COV's a la atmósfera:

- Recepción de combustible (únicamente para estaciones de servicio)
- Almacenamiento de combustible (incluida la operación de tanques de almacenamiento)
- Despacho de combustible

La recepción de combustible, como actividad generadora de emisión de COV's evaporativos se considera únicamente relevante en las estaciones de servicio debido a la técnica que se emplea en ello. La práctica común del rellenado de los tanques subterráneos produce salpicadura de producto entrante sobre el que se encuentra ya almacenado. Esta precaria metodología de manejo de combustibles provoca una mayor emisión de vapores que la recarga sub.-superficial practicada en las otras fuentes, que tienen una mayor capacidad de almacenamiento (El Beaterio y Ecuafuel).

Incluso, los factores de emisión demuestran que la diferencia entre las emisiones producidas por los dos tipos de recarga de tanques es alta (ver tabla 11-2). Por lo tanto la carga superficial (por salpicadura) requiere de un estudio particular.

Todas las mencionadas etapas se engloban dentro de un mismo marco operacional referente a la distribución de producto a distintos consumidores, por lo tanto su nivel de actividad (de cada etapa) es relativamente dependiente del volumen de despacho que generen en un lapso de tiempo común determinado.

Para el propósito, hubo el requerimiento de recopilar la información de indicadores de actividad en cada una de las fuentes de emisión. Los indicadores de

actividad de este estudio han sido definidos de tal forma que reducen la necesidad de disponer de mas de uno para cada una de las fuentes.

Por ello, en el caso de todas las fuentes de emisión del inventario presente, el indicador de actividad utilizado es el volumen de despacho de combustible. Esta variable es la que mejor ha definido el nivel de actividad de cada fuente, además de ser a la que mejor acceso se ha tenido.

Hubo fuentes en las cuales se recogió la información para la estimación, y se presenta resumida en este estudio en forma de tablas y cuadros. Mientras tanto, para otras fuentes se utiliza como referencia, información proporcionada por la autoridad estatal de control, el Ministerio de Energía y Minas, a través de la Dirección Nacional de Hidrocarburos (DNH). Finalmente han sido recopilados otros indicadores de actividad que son de acceso público a través de Internet.

Por otro lado, para poder estimar las emisiones de COV's fugitivos, fue necesario visitar las fuentes mas representativas para recopilar información requerida no documentada, para inspeccionar su funcionamiento, su infraestructura y visualizar en el campo las actividades que allí se realizan así como las prácticas comunes en que se llevan a cabo.

11.7 Inspección de las fuentes de emisión

La inspección se llevó a cabo bajo autorización escrita de las empresas administradoras de cada una de las fuentes consideradas en el presente estudio. Se visitaron las instalaciones del Terminal El Beaterio, Terminal GLP Oyambaro, Estación de Servicio Petrocomercial y Aeropuerto Mariscal Sucre²⁶.

En el campo se pudo reconocer el estado en que se encuentran las facilidades de almacenamiento y distribución de combustibles de cada una de las fuentes mencionadas en el párrafo anterior.

²⁶ Inspeccionando las prácticas de abastecimiento de combustible a las aeronaves y las instalaciones de almacenamiento de combustible (Ecuafuel).

Las inspecciones fueron favorables en vista de que permitieron recopilar y levantar información relevante para el inventario, y también porque se llevaron a cabo reuniones con expertos en cada área, de cada fuente.

El desarrollo de las actividades de gestión de combustibles fue inspeccionado en busca de reconocer fuentes de emisión de COV's evaporativos durante las actividades comunes cotidianas que se llevan a cabo. Esto con el criterio de estudiar las entradas y las salidas de producto al sistema, además de los eventos intermedios. Con este criterio se analizaron actividades de recepción de producto, almacenamiento y despacho en cada una de las fuentes.

Así mismo, se logró recoger una memoria fotográfica de lo observado²⁷, la cual se ha incluido intercalada con el texto a lo largo del presente trabajo con el afán de ilustrar las explicaciones respectivas.

En cuanto al acceso a la información, se puede decir que los datos de indicadores de actividad se encuentran publicados en la World Wide Web a través del portal de Petrocomercial. Sin embargo, para inspeccionar en el campo cada una de las fuentes fue necesario solicitar de forma escrita las autorizaciones pertinentes. Una vez extendidos estos permisos se pudo acceder a todo tipo de datos requeridos para el desarrollo de este inventario.

En las visitas de campo a las instalaciones se prestó especial atención al estado de operación de los elementos instalados para mantener separados al producto del ambiente. Estos elementos se pueden identificar como los siguientes:

- Paredes y techos de tanques de almacenamiento
- Tuberías
- Accesorios en tuberías
- Pintura

²⁷ Existen zonas, actividades e instalaciones que no fue permitido fotografiar debido a motivos de seguridad, considerándose, esas, áreas de alta emisión y concentración de COV's que aumentan el potencial de explosividad. A otras instalaciones no se pudo tener acceso fotográfico debido a medidas de confidencialidad de las empresas.

Adicional a la importancia de mantener al producto separado del ambiente, influye su contribución a la reducción de la transferencia de calor desde el exterior del tanque (atmósfera) hacia el producto almacenado

Cabe destacar que dentro del estado de los tanques de Ecuafuel y de El Beaterio, se encontraron condiciones variadas. Tras la inspección visual, algunos de los tanques mostraban indicios de estar en condiciones de operación que favorezcan la emisión de COV's evaporativos, mientras que en otros casos, se pudieron notar situaciones que podrían fomentar la reducción de emisiones.

En ciertos casos se pudo constatar que la capa de pintura ha tenido reducciones de espesor, ha recibido derrames de producto e inclusive ha permitido corrosión del acero de las paredes del tanque; además, las cubiertas de algunos tanques se encuentran deformadas y golpeadas, como, por ejemplo, el caso del tanque # 6 de Ecuafuel; finalmente, ciertos instrumentos que prestan servicios a las instalaciones de gestión de combustibles presentan reducidas fugas de producto, permitiendo que cantidades menores se derramen sobre las plataformas.

Todos estos factores son considerados como influyentes en el aporte de emisiones evaporativas en virtud de que reducen el grado de aislamiento entre los productos y ambiente circundante, además porque promueven el intercambio de calor entre el exterior y el interior del tanque de almacenamiento.

Por otro lado, también se ha constatado que existen instalaciones (tanques, instrumentos, tuberías, accesorios) que se han mantenido en condiciones de operación que logran encerrar el contenido del tanque del medio circundante de una manera más eficaz. Esto es, debido al estado de elementos



Imagen 11-6. Tanque # 6, techo hundido. Ecuafuel

En lo que respecta al levantamiento de información, cabe mencionar que en la mayoría de fuentes fue posible encontrar lo solicitado de forma documentada, pero en otras de ellas hubo que recurrir al levantamiento en el campo haciendo monitoreos, observaciones y mediciones.



Imagen 11-7. Medición manual de circunferencias de tanques de almacenamiento. Ecuafuel.

11.8 Estimación de las emisiones

La estimación de emisiones se efectuó para el caso del año 2003, los indicadores de actividad, promedios y sumatorias obtenidos son derivados de datos de ese año.

Para la estimación de emisiones se han combinado dos métodos de cálculo de emisiones: factores de emisión y modelo TANKS, a su vez, estos dos son resultado de análisis combinados empíricos y teóricos.

Para estimar las emisiones de COV's evaporativos desde centros de gestión de combustibles en el DMQ y su área de influencia (área de trabajo) se han combinado, en primer lugar, los factores de emisión con los indicadores de actividad; y en segundo lugar, se realizaron corridas del modelo TANKS para los tanques de almacenamiento considerándose los parámetros establecidos en la primera parte de este capítulo.

En el capítulo de Resultados se enuncian los resúmenes de las estimaciones de emisiones; mientras que, en la sección de anexos del presente informe, se presentan los valores de emisiones producidas puntualmente en cada fuente.

Los factores de emisión detallados fueron aplicados para las actividades especificadas en la tabla 12-2, mientras que se realizaron corridas del TANKS para los tanques de almacenamiento del terminal El Beaterio, de Petrocomercial ES, Ecuafuel, y Oyambaro.

Los resultados de las corridas del TANKS se presentan para cada uno de los tanques con el detalle mensual y anual incluidos en las tablas que reúnen las emisiones estimadas para cada una de las fuentes.

En el caso de fuentes con características muy semejantes entre sí se han generalizado las emisiones. Este es el caso de la estación de servicio Petrocomercial, en donde los tanques de almacenamiento de combustible tienen características casi similares, siendo la principal variable el producto que almacenan; bajo ese mismo criterio, se han distribuido equitativamente las cantidades de despacho entre los tanques especificando esa distribución para cada producto.

11.9 Georeferenciado de las Emisiones

La emisiones estimadas según este inventario se han georeferenciado para cada una de las fuentes por medio del un sistema de información geográfica (SIG).

Para tal motivo se han ordenado los valores de emisión de acuerdo a su distribución horaria y mensual, y ubicación en el plano geográfico dependiente de la fuente de emisión que los genera. Esto representa una base de datos donde se incluyen atributos de ubicación, nombre y emisiones de acuerdo al nivel de detalle temporal, que facilitara la incorporación de estas estimaciones en el inventario de emisiones de Quito, la modelación de la calidad del aire en Quito y futuras actualizaciones del inventario de emisiones evaporativas

La mencionada base de datos, ha sido incluida en SIG por medio del programa ArcGis versión 3.2 y se puede apreciar en anexa a este documento en la sección 20.12

11.10 Elaboración del Inventario

Para la elaboración del inventario se han recopilado todas las fuentes evaluadas para proceder al cálculo de sus aportes a la carga de emisiones totales en el área de trabajo. Se las ha reunido de acuerdo criterios de detalle de tiempo.

En términos generales, la elaboración del inventario comprende el resumen de todas las emisiones estimadas. Debido al alto número de fuentes de emisión (179 unidades) se consideran a las 175²⁸ estaciones de servicio en un mismo grupo, además, y por separado, se incluyen los aportes del terminal El Beaterio, Petrocomercial ES, Ecuafuel y Oyambaro.

Además, se elaboran los porcentajes de aporte de cada fuente en relación al total de emisiones en el área de estudio.

²⁸ Exclúyase de la categoría *estaciones de servicio* a Petrocomercial ES.

11.11 Consideraciones Finales acerca de la Metodología empleada

En términos económicos, la metodología aplicada para este inventario supone muy bajos costos debido a los reducidos gastos requeridos para esta estimación; por ejemplo, no son necesarios los costosos análisis de laboratorio ni una extenso trabajo de campo.

Cabe destacar que la metodología de estimación de emisiones ha sido adaptada de la propuesta por la EPA, por lo cual hay que mencionar que existe un grado de incertidumbre que debe ser absuelto en el futuro, puesto que se han usado ecuaciones empíricas obtenidas en un sitio distinto al área de estudio.

Nótese que la metodología desarrollada supone una recopilación de información proporcionada por las fuentes y los actores involucrados (por ejemplo INMAHI); lo cual representa que un gran porcentaje de los datos presentados en este informe, no fueron recogidos personalmente por el autor, sino que le fueron entregados de forma documentada.

12 MODELACIÓN DE LAS EMISIONES DESDE TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

A continuación se detallan los factores de emisión obtenidos para los tanques de almacenamiento registrados en el inventario de emisiones. Las ecuaciones incluidas en éste capítulo son deducciones de las que presenta la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) en el AP-42 ,sección #7 (EPA, 2005); las ecuaciones presentadas, a su vez, han sido programadas en el TANKS, ya descrito previamente. La finalidad de éste capítulo se centra en reproducir de manera detallada los cálculos desarrollados por el programa mencionado para presentar el mecanismo en que son estimadas las emisiones.

Los valores de los parámetros que se han incluido como constantes en cada uno de los modelos finales para su respectivo tanque, se han tomado del documento en mención, en este capítulo únicamente se presentan las cantidades correspondientes para el caso de aplicación descrito²⁹. Por otro lado, se han dejado como variables a los parámetros que se han considerado característicos de Quito, y que presentarán cambios en el transcurso del tiempo y durante la aplicación del modelo a las distintas fuentes. Adicionalmente, la nomenclatura ha sido mantenida tal y como la presenta la EPA para motivos de mejor entendimiento en caso de que sea necesaria la revisión y comparación con el documento original.

Los criterios considerados para la selección de los valores de cada parámetro y de las variables finales de cada ecuación fueron la consulta a expertos, la disponibilidad de información y los requerimientos para la eventual actualización del inventario.

Los productos de este capítulo serán, entonces tres modelos matemáticos que permitan estimar las emisiones evaporativas de COV's desde tanques de almacenamiento de techo fijo cónico, de techo flotante externo, y tanques horizontales subterráneos (los instalados en las estaciones de servicio). Los cálculos de las emisiones

²⁹ para mayor información, el lector podrá referirse a la sección #7 (*Organic Liquid Storage Tanks*) del AP-42 publicado por la EPA

totales han sido efectuados en hojas de cálculo utilizando el programa Microsoft Excel, en este capítulo se presentan los pasos de cálculo generalizados y los resultados.

12.1 Vertical techo fijo.

La figura 12-1 ilustra un tanque de techo fijo cónico típico, su estructura y accesorios

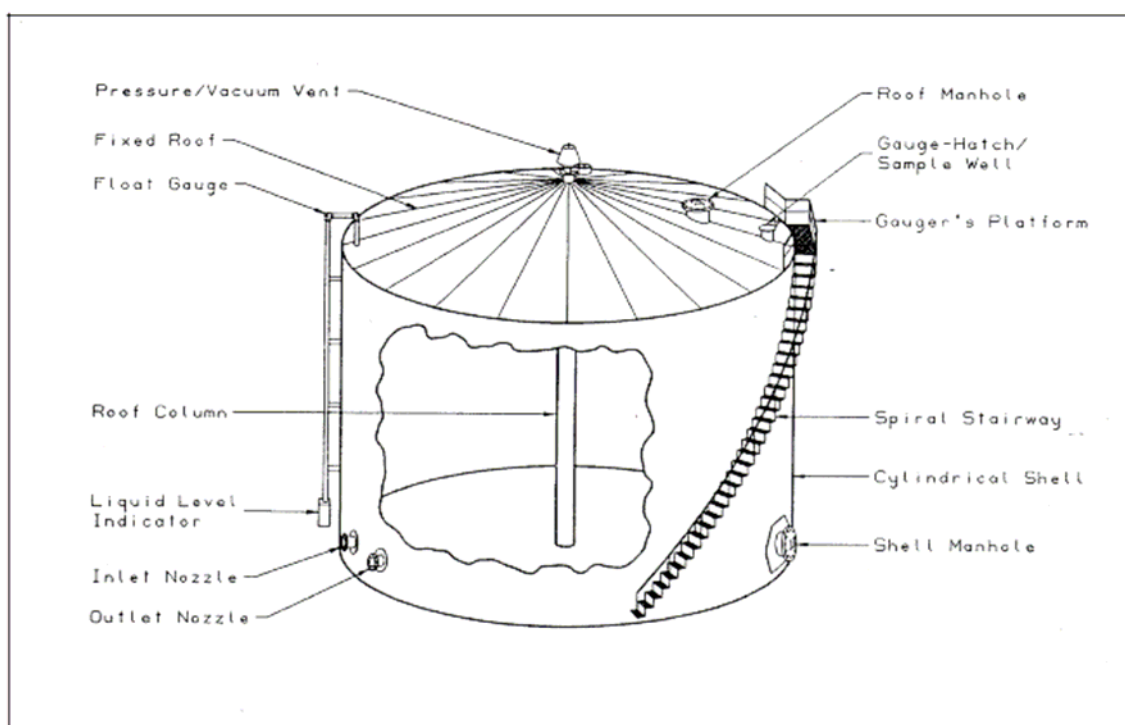


Imagen 12-1. Tanque de techo fijo cónico típico (EPA; 1995)

12.1.1 Detalle de ecuaciones involucradas

Las emisiones evaporativas totales desde tanques de techo fijo se estiman mediante la ecuación 12-1:

$$LT = LS + LW \quad (12-1)$$

Donde:

LT = pérdidas totales, lb. /a,

LS = pérdidas por almacenamiento estacionario, lb. /a, (ecuación 12-2)

LW = pérdidas por trabajo, lb. /a (ecuación 12-15)

$$LS = 365 V_v W_v K_E K_S \quad (12-2)$$

Donde:

LS = pérdidas por almacenamiento estacionario, lb. /a

W_v = densidad del vapor, lb. /ft³ (ecuación 12-3)

W_v = densidad del vapor, lb. /ft³ (ecuación 12-6)

K_E = factor de expansión del espacio con vapor, adimensional (ecuación 12-10)

K_S = factor de saturación de vapor, adimensional (ecuación 12-14)

365 = constante, d/a

$$V_v = \frac{\pi}{4} * D^2 * H_{vo} \quad (12-3)$$

V_v = volumen del espacio del tanque con vapor, ft³

H_{vo} = Interrupción del espacio de vapor del techo de tanque, et (ecuación 12-4)

$$H_{vo} = H_S - H_L + H_{ro} \quad (12-4)$$

Donde:

H_S = altura del tanque, ft

H_L = altura del líquido, ft

H_{ro} = altura del techo equivalente, ft

$$H_{ro} = \frac{1}{3} * H_r \quad (12-5)$$

Donde:

H_{ro} = Interrupción de la altura del techo, ft

H_r = altura del techo del tanque, ft

$$W_v = \frac{M_v * P_{va}}{R * T_{la}} \quad (12-6)$$

Donde:

WV = densidad del vapor, lb. /ft³

MV = peso molecular del vapor, lb./lb.-mol

R = constante del gas ideal, 10.731 (psi ft³)/(lb.-mol °R)

PVA = presión de vapor diario promedio a la temperatura promedio diario de la superficie del líquido, psi

T_{LA} = temperatura de la superficie del líquido, promedio diario, °R

$$T_{LA} = 0.44T_{AA} + 0.56T_B + 0.0079 \alpha I \quad (12-7)$$

Donde:

T_{AA} = temperatura ambiental diaria promedio, °R (ecuación 12-8)

T_B = temperatura del líquido en terminal, °R (ecuación 12-9)

α = factor de absorción solar por la pintura del tanque, adimensional

I = radiación solar diaria, Btu/ft² d

$$T_{aa} = \frac{(T_{ax} + T_{an})}{2} \quad (12-8)$$

Donde:

T_{AA} = temperatura ambiental diaria promedio, °R

T_{AX} = temperatura ambiental diaria máxima, °R

T_{AN} = temperatura ambiental diaria mínima, °R

$$T_B = T_{AA} + 6\alpha - 1 \quad (12-9)$$

Donde:

T_B = temperatura del líquido en terminal, °R

T_{AA} = temperatura ambiental diaria promedio, °R

α = factor de absorción solar por la pintura del tanque, adimensional

$$Ke = \frac{\Delta T_v}{T_{la}} + \frac{\Delta P_v - \Delta P_b}{P_a - P_{va}} \quad (12-10)$$

Donde:

ΔT_v = rango diario de la temperatura del vapor, °R (ecuación 12-11)

ΔP_v = rango diario de presión del vapor verdadera, psi, (ecuación 12-12)

ΔP_B = rango de presión de vapor verdadera del respiradero, psi; (ecuación 12-13)

P_A = presión atmosférica, psia

P_{VA} = presión de vapor verdadera al promedio diario de temperatura de la superficie del líquido, psia

T_{LA} = temperatura de la superficie del líquido, promedio diario, °R (ecuación 12-7)

$$\Delta T_v = 0.72 \Delta T_A + 0.028 \alpha I \quad (12-11)$$

Donde:

ΔT_v = rango diario de la temperatura del vapor, °R

ΔT_A = rango diario de temperatura ambiental, °R

α = factor de absorción solar por la pintura del tanque, adimensional

I = radiación solar diaria, Btu/ft² d

$$\Delta P_v = P_{VX} - P_{VN} \quad (12-12)$$

Donde:

P_{VX} = Presión de vapor diaria máxima, a la temperatura de líquido máxima, psi

P_{VN} = Presión de vapor diaria mínima, a la temperatura de líquido mínima, psi

$$\Delta P_B = P_{BP} - P_{BV} \quad (12-13)$$

Donde:

P_{BP} = presión de respiradero establecida = 0.03 psi

P_{BV} = presión de vacío del respiradero establecida = -0.03 psi

$$K_s = \frac{1}{1 + 0.053 P_{va} * H_{vo}} \quad (12-14)$$

Donde:

K_s = factor de saturación de vapor, adimensional

PVA = presión de vapor verdadera al promedio diario de temperatura de la superficie del líquido, psia

HVO = Interrupción del espacio de vapor del techo de tanque, ft (ecuación 12-4)

$$LW = (0.0010) (MV)(PVA)(Q)(KN)(KP) \quad (12-15)$$

Donde:

MV = peso molecular de vapor del producto, lb./lb.-mol

PVA = presión de vapor verdadera al promedio diario de temperatura de la superficie del líquido, psia

Q = Despacho promedio de producto, bbl/a

KP = factor del producto, adimensional

KN = Factor de actividad del tanque, adimensional

12.1.2 Simplificación de expresiones

Como se ha mencionado previamente, para la simplificación de términos se consideran algunos valores constantes, los valores han sido tomados de las tablas incluidas en el documento de referencia de éste capítulo. Dichos valores se resumen en la tabla 12-1

Tabla 12-1. Detalle de parámetros empleados en el cálculo de modelo de estimación de emisiones evaporativas desde tanques de techo fijo cónico³⁰.

Parámetro	Valor	Unidades	Temperatura de referencia
Pva	0,00795	psi	60°F
Pvx	0,01000	psi	50°F
Pvn	0,00525	psi	70°F
R	10,731	psi ft ³ /lb-mol°R	
a	0,63	-	
Mv	130	lb/lb-mol	60°F
Pbp	0,03	psi	
Pbv	-0,03	psi	
Kn	1	-	
Kp	1	-	

Fuente: EPA, 2005 (AP-42, sección 7)

Elaboración: Andrés Cepeda

³⁰ Todos los valores han sido tomados de la fuente mencionada.

Operando las expresiones se obtiene lo siguiente:

De las ecuaciones 12-7, 12-8 y 12-9:

$$\begin{aligned} Tla &= 0.44Taa + 0.56(Taa + 6\alpha - 1) + 0.0079\alpha I \\ &= 0.44Taa + 0.56Taa + 3.36\alpha - 0.56 + 0.0079\alpha I \\ &= Taa + 3.36\alpha + 0.0079\alpha I - 0.56 \end{aligned}$$

Se consigue la ecuación que determinará la temperatura promedio de la superficie del líquido:

$$Tla = Taa - 0.56 + \alpha(3.36 + 0.0079I)$$

Lo cual se resume a la ecuación 12-16³¹:

$$Tla = Taa - 1.708 + 0.0057I \quad (12-16)$$

Reemplazando los valores y simplificando las ecuaciones 12-2, 12-4, 12-5, 12-6, da como resultado lo siguiente:

$$Ls = 286.67D \left[Hs - Hl + \frac{Hr}{3} \right] * \frac{0.0963}{Tla} \left[\frac{\Delta T_v}{Tla} + \frac{P_{vx} - P_{va} - 0.06}{Pa - P_{va}} \right] \frac{1}{1 + 4.2135E - 4 \left(Hs * Hl + \frac{Hr}{3} \right)} \quad (12-17)$$

Reemplazando 12-16 en 12-17:

$$Ls = \frac{286.67 * 0.0963 \left(Hs - Hl + \frac{Hr}{3} \right) D^2}{(Taa - 1.708 + 0.0057I) \left(1 + 4.2135E - 4 \left[Hs - Hl + \frac{Hr}{3} \right] \right)} \left[\frac{0.72(Tax - Tan) + 0.0176I}{Tla} - \frac{0.0553}{Pa - 0.00795} \right] \quad (12-18)$$

Por su parte, las pérdidas de trabajo de los tanques se obtienen reemplazando valores en la ecuación 12-15, para conseguir lo siguiente:

$$Lw = 0.0010 Mv Pva Q$$

$$Lw = 0.0010 * \frac{130lb}{lb - mol} * 0.00795 psi * Q \frac{bbl}{yr} * 42 \frac{gal}{bbl}$$

³¹ $\alpha = 0.63$. Véase tabla 12-1 (la notación para éste parámetro es α)

$$L_w = 0.043407 Q \quad (12-19)$$

De las ecuaciones 12-18 y 12-19, se obtiene:

$$L_t = \frac{27.6091 \left(H_s - H_l + \frac{H_r}{3} \right) * D^2}{(T_{aa} - 1.708 + 0.0057 I) \left(1 + 4.2135 E - 4 \left[H_s - H_l + \frac{H_r}{3} \right] \right)} \left[\frac{0.72(T_{ax} - T_{an}) + 0.0176 I}{T_{aa} - 1.708 + 0.0057 I} - \frac{0.0553}{P_a - 0.00795} \right] + 0.043407 Q \quad (12-20)^{32}$$

Finalmente, las variables de esta ecuación serán:

- TQ, Hs, Hl, Hr, D, Tax, Tan, Taa, I, Pa, Q

12.2 Tanque Horizontal Techo fijo subterráneo

La metodología de estimación es muy similar a la empleada para la estimación de emisiones desde tanques de techo fijo cónico. Se emplean todas las ecuaciones a partir de 12-1 hasta 12-16 (incluidas ellas), además de las citadas mas adelante. La variación que se circunscribe está definida por la corrección de las dimensiones del diámetro, designándolo *diámetro efectivo*, el mencionado ajuste se resume en la ecuación 12-21:

$$De = \sqrt{\frac{L * D}{0.785}} \quad (12-21)$$

Donde:

DE = diámetro efectivo del tanque, ft

L = longitud del tanque, ft

D = diámetro actual de tanque, ft

Por otro lado, debido a que la actividad de los tanques horizontales enterrados evaluados, en relación a los de techo fijo es más alta³³, en este caso se considera a KN, el factor de actividad del tanque, según la expresión siguiente (ecuación 12-22):

³² El modelo propuesto es aplicable para tanques de techo fijo cónico que almacenen Diesel y Jet A1.

$$Kn = \frac{180 + N}{6N} \quad (12-22)$$

Donde:

KN = Factor de actividad del tanque, adimensional

N = Número de vaciado relativos en el año, adimensional (ecuación 23)

$$N = \frac{5.614Q}{Vlx} \quad (12-23)$$

Donde:

Q= volumen despachado en el año, bbl/a

Vlx= Capacidad operativa del tanque, ft³

$$Vlx = \frac{\pi}{4} D^2 Hlx \quad (12-24)$$

Donde:

D= Diámetro del tanque, ft

Hlx= Máximo nivel de llenado, ft

Simplificación de términos

Igualmente, para la simplificación de éste modelo matemático, se consideran los valores de los parámetros indicados en la Tabla 12-2, nótese que en este caso, las pérdidas estacionarias (Ls, ecuación 1) son igual a cero, esto se debe a que el hecho de que el tanque se encuentra enterrado le permite tener variaciones de temperaturas internas despreciables.

Reemplazando y simplificando las ecuaciones 12-22, 12-23 y 12-24:

$$Kn = 0.1667 \frac{(25.182D^2 * Hlx + Q)}{Q} \quad (12-25)$$

³³ Se compararon las actividades de los tanques de Petrocom ES con los de El Beaterio. Los de la gasolinera presentaron, en promedio, veces de vaciado relativo de tanque superiores a 36, mientras que en el Terminal se constató que fueron menos de 36, en promedio por tanque.

Tabla 12-2. Detalle de parámetros empleados en el cálculo de modelo de estimación de emisiones evaporativas desde tanques horizontales subterráneos³⁴.

Parámetro	Valor	Unidades	Temperatura de referencia
Pva	3,5	psi	60°F
PVR	7,0	psi	-
Mv	68	lb/lb-mol	60°F
Ls	0,0	lb/a	-
Kp	1	-	-

Fuente: EPA 2005 (AP-42, sección 7)

Elaboración: Andrés Cepeda

La ecuación 12- 1 quedará así:

$$L_s = L_w$$

Mientras que de la ecuación 12-15 se obtiene:

$$L_w = 0.0010 M_v * P_{va} * Q * K_n * K_p$$

Incluyendo valores de la tabla 12-2 y la ecuación 12-25, se tendrá:

$$L_t = 0.0010 * 68 * 3.5 * Q * \frac{0.01667(25.182 D^2 H l_x + Q)}{Q}$$

Simplificando:

$$L_t = 0.0397(25.182 D^2 H l_x + Q)$$

Incluyendo el diámetro efectivo enunciado en la ecuación 12-21 y simplificando:

$$L_t = 0.0397 (32.079 L * D * H l_x + Q) \quad (12-26)^{35}$$

Para obtener la estimación de emisiones (en lb. de COV's anuales), se deberán alimentar al modelo los valores de las siguientes variables:

- L , D, Hlx, Q

³⁴ Todos los valores han sido tomados de la fuente mencionada.

³⁵ Modelo aplicable a emisiones desde tanques subterráneos de almacenamiento de combustible, que contengan Gasolinas de presión de vapor Reid de 7 psi.

12.3 Tanque con Techo flotante externo

La imagen 12-2 ilustra la estructura de un tanque de techo flotante externo típico, su diseño e indumentarias típicas.

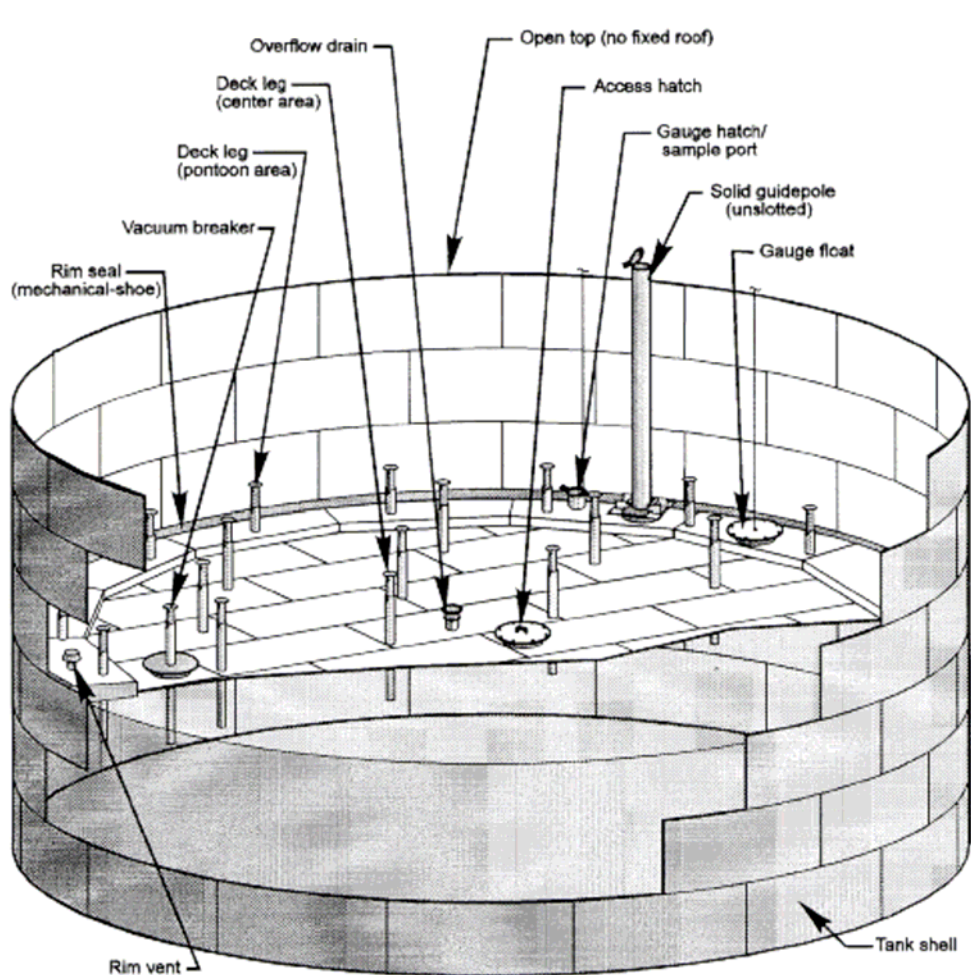


Imagen 12-2 Tanque de techo flotante externo típico (EPA; 1995)

Las emisiones evaporativas desde tanques de techo flotante externo, se pueden estimar mediante la ecuación 12-27:

$$L_T = L_{WD} + L_R + L_F + L_D \quad (12-27)$$

De donde:

$$L_{WD} = (0.943) \text{ QCWL/D} \quad (12-28)$$

$$L_R = (K_{Ra} + K_{Rb}V_n)P^*DMvKC \quad (12-29)$$

$$L_F = FFP^*MvKC \quad (12-30)$$

$$L_D = K_dSDD2P^*MvKC \quad (12-31)$$

Donde:

LT = pérdidas totales, lb. /a

LWD = pérdidas por trabajo, lb. /a

LR = pérdidas desde sellos en tanques de techo flotante externo, lb. /a

LF = pérdidas desde los ajustes de la cubierta a las paredes del tanque, lb. /a

LD = pérdidas desde el sellado de la cubierta junta, lb. /a

Q = Despacho promedio de producto, bbl/a

C = factor de pérdida de producto por despacho, bbl/1,000 ft²;

WL = densidad del líquido, lb. /gal

D = diámetro del tanque, ft

KRa = factor de pérdidas por sellos con velocidad de viento cero, lb.-mole/ft

KRb = factor de pérdidas por sellos dependiente de la velocidad de viento, lb.-mole/ft

V = velocidad del viento ambiental promedio, mph

n = exponente de la velocidad del viento en las juntas, adimensional

P* = función de la presión de vapor, adimensional (ecuación 12-32)

$$P^* = \frac{\frac{P_{va}}{P_a}}{\left[1 + \left(1 - \left(\frac{P_{va}}{P_a}\right)\right)^{0.5}\right]^2} \quad (12-32)$$

Donde:

PVA = presión de vapor verdadera al promedio diario de temperatura de la superficie del líquido, psia

PA = presión atmosférica, psia

MV = peso molecular de vapor del producto, lb./lb.-mol

KC = factor del producto, adimensional

FF = factor de pérdidas totales por sellado de la cubierta, lb.-mol/a

$$n = f$$

$$FF = \sum_{i=1}^n (N_{Fi} * K_{Fi}) = [(N_{F1} * K_{F1}) + (N_{F2} * K_{F2}) + \dots + N_{Fn} * K_{Fn}] \quad (12-33)$$

y:

$$K_{Fi} = K_{Fai} + K_{Fbi} (K_v V)^{mi} \quad (12-34)$$

Donde:

N_{Fi}= número del sellados de un tipo particular en la cubierta del techo, adimensional

K_{Fi}= factor de pérdidas desde sellados de un tipo particular en la cubierta del techo, lb.-mol/a

N_f = número de sellados de los diferente tipos, adimensional,

K_D = factor de pérdidas por junta a lo largo de la cubierta, lb.-mol/ft/a.

S_D = factor de longitud de las juntas en la cubierta, ft/ft²

m_i = factor de pérdida para cada tipo particular de sellado de cubierta, adimensional.

i = 1, 2, ..., n, adimensional

K_v = factor de corrección de la velocidad del viento, adimensional

V= velocidad del viento ambiental promedio, mph

12.3.1 Simplificación de expresiones

Los parámetros y sus respectivos valores empleados para la deducción del modelo matemático en cuestión, se presentan en la tabla 12-3.

Tabla 12-3. Detalle de parámetros empleados en el cálculo de modelo de estimación de emisiones evaporativas desde tanques de techo flotante externo³⁶.

Parámetro	Valor	Unidades	Temperatura de referencia
P _{va}	3,50	psi	60°F
P _{VR}	7,00	psi	60°F
W _I	5,60	lb/gal	60°F
M _v	68,00	lb/lb-mol	60°F
C	0,01	bbl/1000 ft ²	
F _f (*)	4891,0263*V		
K _{ra}	1,60	lb mol / ft a	
K _{rb}	0,30	lb mol / mph ⁿ ft a	
K _v	0,70		
n	1,50		
L _d	0,00	lb/a	
N _c	0,00		

Fuente: EPA, AP-42, sección 7

Elaboración: Andrés Cepeda

³⁶ Todos los valores han sido tomados de la fuente mencionada.

(*) Valor obtenido mediante la deducción de las ecuaciones 12-33 y 12-34 a través de la selección de factores de pérdida propuestos por la EPA en la misma fuente citada.

Operando las ecuaciones 12-27 hasta la 12-23, se tiene como resultado la ecuación 12-34:

$$L_t = P * M_v \left[F_f + D(1.6 + 0.3V^{1.5}) \right] + \frac{0.943QCWL}{D}$$

Reemplazando, se obtiene:

$$L_t = P * -68(4891.0263V + 1.9DV^{1.5}) + \frac{0.943Q * 0.0075 * 5.6}{D}$$

Finalmente, tras operar y simplificar se conseguirá:

$$L_t = \frac{452.2(2574.2244V + DV^{1.5})}{\left(1 + \left[\frac{1-3.5}{Pa}\right]^{0.5}\right)^2} + \frac{0.0396Q}{D} \quad (12-35)^{37}$$

Este modelo será dependiente de las siguientes variables:

- D, Q, V, Pa

12.4 Consideraciones finales sobre los modelos obtenidos

En las ecuaciones se deben ingresar valores adimensionalmente, pero transformados a las unidades solicitadas para cada uno de los modelos, puesto que las respectivas transformaciones han sido ya consideradas en las constantes que se incluyen.

Las unidades de los parámetros en que se desarrolla la estimación: los insumos, así como los productos, se rigen al sistema de unidades inglés. Esto puede representar una desventaja; sin embargo, en el caso de las emisiones anuales estimadas, la transformación a unidades del sistema internacional no representar mayor dificultad.

En el capítulo 13 se presentan los resultados de las estimaciones de emisiones evaporativas de COV's calculadas mediante los modelos obtenidos en esta parte del informe.

³⁷ Aplicable para tanques de almacenamiento con techos flotantes externos, de cubierta soldada, sellado primario y que contengan gasolinas (PVR 7).

13 INCERTIDUMBRE Y CALIFICACIÓN DE LA CALIDAD DE LA INFORMACIÓN DEL INVENTARIO

13.1 Incertidumbre

Las fuentes de alimentación de información tomadas en el inventario propuesto si bien es cierto son oficiales, requieren ser sustentadas. La información que presenta incertidumbre respecto a las fuentes de emisión se basa esencialmente en lo concerniente a los indicadores de actividad. Adicionalmente, tomando en cuenta que del mayor número de fuentes estudiadas en el inventario presente se han estimado sus emisiones evaporativas de COV's mediante factores de emisión, la incertidumbre se ve definida por la origen de sus respectivos indicadores de actividad por un lado; y por otro, será derivada de los factores de emisión utilizados.

En el caso de cada una de las fuentes evaluadas, se han obtenido los indicadores de actividad de manera oficial. Es decir que se los ha solicitado mediante documentos y han sido entregados de la misma forma, lo cual representa que son datos oficiales los que se han empleado para la estimación de las emisiones. No obstante, consistencia de la información obtenida de esta manera debe quedar sustentada con lo que sucede realmente en la práctica.

Con respecto a los factores de emisión, la confiabilidad en los resultados obtenidos queda relegada a la aplicabilidad de esos FE en el caso de Quito. Como se ha explicado previamente, los factores de emisión empleados en el estudio presente son adaptaciones de los presentados por la EPA en el AP-42, de todas formas, durante el transcurso del estudio presente se ha buscado que las adaptaciones reproduzcan de la mejor manera las condiciones en que se produce el mecanismo de las emisiones evaporativas en el área de trabajo.

Existen otros insumos de información que juegan un rol importante en la estimación de las emisiones evaporativas. Por ejemplo, la información meteorológica;

en la que se ha obtenido se han encontrado errores en datos de parámetros que influyen³⁸ de manera importante el mecanismo de emisión de COV's evaporativos.

13.2 Calificación del Inventario

La calificación del inventario tiene como finalidad principal conocer la confiabilidad/incertidumbre que suponen los datos presentados. Además, busca identificar, de una forma objetiva, sistematizada y fácil de interpretar las falencias y virtudes más relevantes en la metodología y en los resultados de la estimación de emisiones evaporativas de COV's desde fuentes estacionarias en el DMQ y su área de influencia.

Por tal motivo, para la caracterización de la incertidumbre las alternativas son una discusión cualitativa; o métodos semicuantitativos. Por su parte, el método seleccionado para calificar la información obtenida en el presente inventario toma como base el método semicuantitativo, similar al del AP-42 de la EPA, usado en el Reino Unido, basado en una clasificación alfabética para la estimación de la calidad de las emisiones. Se ha establecido una escala de calidad de inventario dependiente de la información de insumo así como de los factores de emisión empleados en la estimación de emisiones. La calificación del inventario estará definida por la interrelación de la calificación obtenida para la información de la actividad y por la calificación al factor de emisión (véase más adelante en este mismo capítulo).

Tabla 13-1. Matriz de calificación combinada Actividad – Factor de Emisión

ACTIVIDAD	FACTOR DE EMISION				
	A	B	C	D	E
A	A	A	B	C	C
B	A	B	B	C	D
C	B	B	C	C	D
D	C	C	C	D	D
E	C	D	D	D	E

Esa interrelación se efectúa para cada uno de los componentes del inventario definidos en la tabla 13-2. En la tabla 13-1 se aprecia la escala de calificación

³⁸ nótese el caso de la velocidad del viento en la estación Izobamba para agosto del 2003, ascendía a 5.6 m/s, cuando el promedio demostró ser 1.6 m/s. Ésta diferencia causó una elevación considerable en emisiones desde los tanques de techo flotante en el Terminal EL Beaterio.

establecida, léase que la letra *A* representa el nivel óptimo de calidad, mientras que la letra *E* supone el nivel de calidad más bajo.

Esta misma escala de calificación se adopta para valorar la calidad de la información de actividades al igual que para establecer la calidad de los factores de emisión empleados.

13.2.1 Componentes del inventario de emisiones

En primer lugar, se definen los 3 componentes del inventario (tabla 13-2), que representan a las fuentes que mayor cantidad de emisiones evaporativas de COV's presentan. Así, se han obviado, en esta calificación el Terminal de GLP Oyambaro y el depósito de aerocombustibles Ecuafuel, debido a que su participación en el aporte de emisiones evaporativas en este inventario es altamente reducido³⁹. La descripción detallada de cada uno de estos componentes puede encontrarse en la sección *FUENTES DE EMISIÓN* del presente documento.

Tabla 13-2. Descripción de componentes del inventario de emisiones evaporativas.

Componente	Descripción
1 Gasolineras	Estaciones de servicio desplegadas a lo largo del área de trabajo. Estimadas emisiones evaporativas desde las gasolineras.
2 Terminal El Beaterio	Terminal de productos limpios, donde se gestionan derivados de petróleo a granel. Principales actividades son el almacenamiento y la distribución de combustibles.
3 Petrocom ES	Estación de servicio ubicada dentro del límite urbano de Quito. Su nivel de actividad sobresale considerablemente del resto de gasolineras

13.2.2 Calificación de la Información de Actividad

En este término, se considera como información de actividad principalmente a los indicadores de actividad (despachos de combustible), su confiabilidad y nivel de detalle. Por otro lado, se califica la forma en que se ha obtenido, y como se ha empleado en la estimación de emisiones, la tecnología de las instalaciones, operaciones de gestión de combustibles, medidas de reducción de emisiones evaporativas, estado de infraestructuras, disposición de facilidades de gestión, en resumen, el producto de

³⁹ Sumadas las emisiones de esas 2 fuentes, representan menos del 0.2% del total de las emisiones estimado para el DMQ. Ver tabla 14-3

visitas de campo a las distintas fuentes. La calificación se desarrolla para la información de calidad de cada uno de los componentes del inventario, considerándose que no se han empleado las mismas fuentes de información para la estimación de las emisiones de cada fuente.

La calificación de los datos de actividad o producción se basa en el origen de los datos. Para la valoración de la información de actividad se han seguido los siguientes argumentos establecido por CORPAIRE:

- **Calificación A:** Datos de actividad medidos con exactitud y precisión y verificados de manera complementaria con otra información,.
- **Calificación B:** Datos de actividad medidos con exactitud y precisión, recibirán la.
- **Calificación C:** Datos públicos conseguidos a través de una dependencia gubernamental o a través de una asociación industrial.
- **Clasificación D:** Datos de actividad extrapolados de otra actividad medida o correspondientes a otro país o región, pero utilizando criterios de equivalencia tecnológica, social, espacial y temporal.
- **Clasificación E:** Datos de actividad extrapolados de alguna actividad medida, o correspondientes a otro país o región.

Tabla 13-3. Calidad de la información de actividad

Componente	Calidad	Discusión
1 Gasolineras	D	Los indicadores de actividad para cada estación de servicio del área de trabajo han sido extrapolados desde un grupo representativo de gasolineras. Los indicadores de actividad detallados (mes, día, hora) han sido obtenidos mediante extrapolación de datos anuales. La estimación de los despachos de gasolinas de cada una de las fuentes ha sido fundamentada por información oficial. Se consideran niveles tecnológicos de operación semejantes para todas las gasolineras evaluadas (incluso Petrocom ES), inspección en campo ha sido muy limitada, pero consideraciones han sido tomadas tras consultas a expertos. La desagregación permite conocer las emisiones georeferenciadas para cada una de las fuentes.
2 Terminal El Beaterio	B	Las inspecciones de campo del Terminal El Beaterio permitieron obtener información de alto grado de calidad y especificidad. Sin embargo, para los cálculos horarios ha sido necesario adoptar un perfil de un día al azar. Adicionalmente, ha faltado constatar la información de muy alto nivel de detalle de diseño de cada uno de los tanques de almacenamiento. El levantamiento de información en campo da un fuerte sustento a este componente del inventario.
3 Petrocom ES	B	Las inspecciones de campo dieron como resultado levantamiento de información relevante para la estimación de emisiones. Se consideran indicadores de actividad octohorarios para 2 meses representativos y datos de despacho diario de cada uno de los combustibles de manera diaria en todo el año.

En la construcción del presente inventario se ha reconocido que los mencionados factores son relevantes en cuanto a la producción de COV's evaporativos en las fuentes estudiadas. La calificación de los mencionados factores se presenta en la tabla 13-3.

13.2.3 Calificación de los factores de emisión

Los criterios de calificación de los factores de emisión toman como referencia el Sistema de Clasificación para Factores de Emisión de la EPA, véase tabla 13-4.

Tabla 13-4. Sistema de Clasificación de Factores de Emisión

Clasificación	Calidad	Discusión
A	Excelente	El Factor es desarrollado con datos de emisión altamente confiables para el tipo de fuentes, tomados desde una lista de establecimientos escogidos de manera aleatoria dentro del inventario de industrias. El número de Fuentes es suficiente para minimizar la variabilidad.
B	Sobre el promedio	El Factor es desarrollado con datos de emisión altamente confiables para un número razonable de establecimientos. Aunque no es evidente la tendencia, no está claro si los establecimientos analizados representan una muestra aleatoria de las industrias. Igual que en la Clasificación A, la categoría de la fuente es suficientemente específica para minimizar la variabilidad.
C	Promedio	El Factor es desarrollado con datos altamente confiables y/o menos confiables y representativos para un número razonable de establecimientos. Aunque no es evidente la tendencia, no está claro si los establecimientos analizados representan una muestra aleatoria de las industrias. Igual que en la Clasificación A, la categorización de las fuentes es suficientemente específica para minimizar la variabilidad.
D	Bajo el promedio	El Factor es desarrollado con datos altamente confiables y/o menos confiables y representativos, para un pequeño número de establecimientos y ello puede ser motivo de sospecha de que los establecimientos no representan una muestra aleatoria de todas las industrias; puede ser evidente la variabilidad dentro del total de las fuentes. También corresponde a factores de emisión de calidad A o B, tomados de otros países o regiones, pero con consideraciones bien sustentadas de equivalencia tecnológica, social o espacial.
E	Pobre	El Factor es desarrollado con datos clasificados como C o D, y hay razón para sospechar que los establecimientos no representan una muestra aleatoria de todas las industrias. También puede ser evidencia de variabilidad dentro de la categoría de fuentes dentro del universo de establecimientos. También corresponde a factores de emisión de calidad A o B, tomados de otros países o regiones o sacados en base al criterio de un especialista.

Fuente: EPA, AP-42(2005); CORPAIRE (2005)

En este punto se presentan las calificaciones a los factores de emisión (ver tabla 13-5). Los factores de emisión evaluados corresponden a los citados en el capítulo de *METODOLOGÍA*, así como el modelo TANKS.⁴⁰

⁴⁰ TANKS también genera factores de emisión, como se explica en el capítulo 12.

13.2.4 Calificación combinada

Finalmente la combinación de las calificaciones de la información de actividad mas la de los FE representa la calidad del inventario en ese componente. Las matrices de calificación combinadas correspondientes a cada uno de los componentes se presentan en las tablas 13-5, 13-6 y 13-7, mientras tanto en la tabla 13-8 se muestran las calificaciones y emisiones evaporativas de COV's de cada componente.

Tabla 13-5. Calidad de los factores de emisión

Componente	Calidad	Discusión
1 Gasolineras	C	Se utilizan factores de emisión tomados de la literatura que corresponden a otros países o regiones, esos FE fueron adaptados a las condiciones de Quito y a las necesidades del inventario (véase sección 13-4). Los factores de emisión empleados pueden ser fácilmente manipulados para obtener mayor afinamiento. Las condiciones originales empleadas, son las establecidas por la EPA. La alta generalidad asumida para los factores de emisión empleados les da una calidad promedio, lo cual genera una incertidumbre todavía tolerable.
2 Terminal El Beaterio	B	Se utilizan factores de emisión tomados de la literatura que corresponden a otros países o regiones, esos FE fueron adaptados a las condiciones de Quito y a las necesidades del inventario. Los factores de emisión empleados pueden ser fácilmente manipulados para obtener mayor afinamiento. Las condiciones originales empleadas, son las establecidas por la EPA. Además se acude a FE generados mediante un programa de modelación que presenta una alta especificidad de insumos requeridos para su funcionamiento. La combinación de factores de emisión obtenidos de la bibliografía con los generados en el proceso de estimación de emisiones, provee una calidad superior al promedio, lo cual reduce la incertidumbre en éste componente.
3 Petrocom ES	B	Se utilizan factores de emisión tomados de la literatura que corresponden a otros países o regiones, esos FE fueron adaptados a las condiciones de Quito y a las necesidades del inventario. Los factores de emisión empleados pueden ser fácilmente manipulados para obtener mayor afinamiento. Las condiciones originales empleadas, son las establecidas por la EPA. Además se acude a FE generados mediante un programa de modelación que presenta una alta especificidad de insumos requeridos para su funcionamiento. La combinación de factores de emisión obtenidos de la bibliografía con los generados en el proceso de estimación de emisiones, provee una calidad superior al promedio, lo cual reduce la incertidumbre en éste componente.

Tabla 13-6. Matriz de combinación actividad – factor de emisión: Gasolineras

ACTIVIDAD	FACTOR DE EMISION				
	A	B	C	D	E
A	A	A	B	C	C
B	A	B	B	C	D
C	B	B	C	C	D
D	C	C	C	D	D
E	C	D	D	D	E

Tabla 13-7. Matriz de combinación actividad – factor de emisión: El Beaterio

ACTIVIDAD	FACTOR DE EMISION				
	A	B	C	D	E
A	A	A	B	C	C
B	A	B	B	C	D
C	B	B	C	C	D
D	C	C	C	D	D
E	C	D	D	D	E

Tabla 13-8. Matriz de combinación actividad – factor de emisión: Petrocom ES

ACTIVIDAD	FACTOR DE EMISION				
	A	B	C	D	E
A	A	A	B	C	C
B	A	B	B	C	D
C	B	B	C	C	D
D	C	C	C	D	D
E	C	D	D	D	E

Esta categorización, a mas de evaluar la calidad de la información, es un insumo importante para clasificar las prioridades para la toma de acciones orientadas a mejorar la calidad de este y de los futuros inventarios. La calificación del inventario se interpreta de la siguiente forma:

- **Categoría A:** Calidad Muy Alta. El detalle de la información es suficiente para este y futuros inventarios.
- **Categoría B:** Calidad Alta. El detalle de la información es bueno, pero se podrían tomar acciones para disminuir la incertidumbre.
- **Categoría C:** Calidad Media. Se requiere información de mayor detalle cuando los recursos estén disponibles.
- **Categoría D:** Calidad Baja. Deben tomarse acciones o incorporarlas dentro del siguiente Plan anual, para reducir la incertidumbre de este y de los futuros inventarios.
- **Categoría E:** Calidad Muy Baja. Deben tomarse acciones inmediatas o incorporarlas dentro del siguiente Plan anual, para reducir la incertidumbre de este y de los futuros inventarios.

Tabla 13-9. Calidad del Inventario⁴¹

No.	Componente	Calificación	Emisiones 2003	
			(t COV's)	%
1	Gasolineras	C	1.320,68	50,53
2	El Beaterio	B	1.129,68	43,23
3	Petrocom ES	B	158,51	6,07
	Total		2.613,41	99,83

13.2.5 Consideraciones finales

En relación a los datos presentados en la tabla 13-9, se lee lo siguiente:

- El componente #1 aporta un 50.53% de las emisiones y tiene una calidad media (calificación C).
- El componente #2 genera el 43.23% de las emisiones, su calidad es alta (calificación B).

⁴¹No se incluyen las emisiones de Ecuafuel ni de Oyambaro debido a su reducido aporte en el inventario, véase capítulo 13

- El componente #3 genera el 6.07% de las emisiones, su calidad es alta (calificación B).

De la tabla 13-9 también se puede notar las gasolineras presentan el nivel más alto emisiones de COV's evaporativos, y a su vez el grado de incertidumbre más elevado debido a que su calificación es la más baja de los 3 componentes (calificación B). Esta calificación se muestra inferior debido a que los indicadores de actividad pueden ser aun mas concretos, y no promediados, para que se pueda apegar más a la realidad: además de que los factores de emisión han sido adaptados al caso local a partir de lo encontrado en la bibliografía internacional.

Asimismo, es importante anotar que las calificaciones dadas a los componentes 2 y 3 (calificación B, para ambos) representan un nivel de incertidumbre más bien reducido. Sin embargo la calidad de los factores de emisión para estas fuentes puede ser mejorada, puesto que, como en el caso del componente 1, los factores de emisión han sido obtenidos de la bibliografía y luego se los ha adaptado al caso del área de trabajo, lo cual no les permite ser considerados como factores de emisión locales que reproduzcan a cabalidad las condiciones en que ocurren los fenómenos de evaporación en las fuentes evaluadas en el presente inventario.

En términos generales, la calidad de información obtenida puede ser elevada para reducir la incertidumbre considerablemente. Especialmente afinando los factores de emisión y corroborando la autenticidad de la información de las actividades.

14 RESULTADOS

Mediante la aplicación de la metodología aplicada y de la información obtenida para cada una de las fuentes, se han alcanzado los resultados presentados en este capítulo. Resultados a mayor detalle se encuentran anexos al presente informe en las secciones 20.3, 20.4, 20.7, 20.8, 20.9, 20.10.

14.1 Inventario de emisiones evaporativas anuales

El inventario de Emisiones Evaporativas de COV's calculadas utilizando la metodología indicada se resume en la tabla 14-1, donde se muestra la participación de cada fuente, mediante la ilustración de la cantidad de COV's emitidos por ella durante cada mes del año 2003. Así mismo, el gráfico 14-1 pone en comparación los niveles mensuales de emisión con el respectivo aporte de cada una de las fuentes.

Tabla 14-1. Emisiones Evaporativas Mensuales. Área de trabajo, año 2003

Fuente	Productos	Emisiones Evaporativas (t COV's)											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Gasolineras	Gasolina (Extra y Super)	123,2	112,9	112,7	111,8	115,9	114,6	110,9	99,0	101,6	108,2	104,6	105,2
Beaterio	Gasolina (Extra y Super), Diesel (1, 2, Premium), JET A1	96,0	88,9	89,2	95,8	93,9	93,8	93,2	154,7	92,6	96,2	89,7	93,7
Petrocom ES	Gasolina (Extra y Super)	10,3	11,9	11,1	13,0	13,6	12,8	14,1	14,4	14,5	15,6	15,1	16,6
Total		229,5	213,7	213,0	220,6	223,4	221,1	218,2	268,0	208,7	220,0	209,5	215,5

En cambio, en la tabla 14-2 se aprecian las emisiones anuales calculadas mediante la metodología indicada y producidas por cada una de las fuentes en estudio así como los porcentajes representativos de cada una de ellas frente al acumulado de todas las fuentes juntas.

Tabla 14-2. Emisiones evaporativas anuales de COV's . Fuentes Estacionarias, DMQ y su área de influencia, año 2003

Fuente	Productos	Emisiones.							
		área de trabajo		DMQ			Límite Urbano		
		(t COV's)	%	(t COV's)	% de área de trabajo	% DMQ	(t COV's)	% de área de trabajo	% L.U.
Gasolineras	Gasolina (Extra y Super)	1.320,68	50,05	1.000,16	76%	43,14%	800,01	61%	38,25%
Beaterio	Gasolina (Extra y Super), Diesel (1, 2, Premium), JET A1	1.129,68	42,81	1.129,68	100%	48,73%	1.129,68	100%	54,01%
Petrocom ES	Gasolina (Extra y Super)	158,51	6,01	158,51	100%	6,84%	158,51	100%	7,58%
Oyambaro	Nafta Base y GLP	26,63	1,01	26,63	100%	1,15%	-	0%	0,00%
Ecuafuel	Aerocombustibles (Jet A1 y AvGas 100/130)	3,28	0,12	3,28	100%	0,14%	3,28	100%	0,16%
Total		2.638,77	100,00	2.318,25	88%	100%	2.091,47	79%	100%

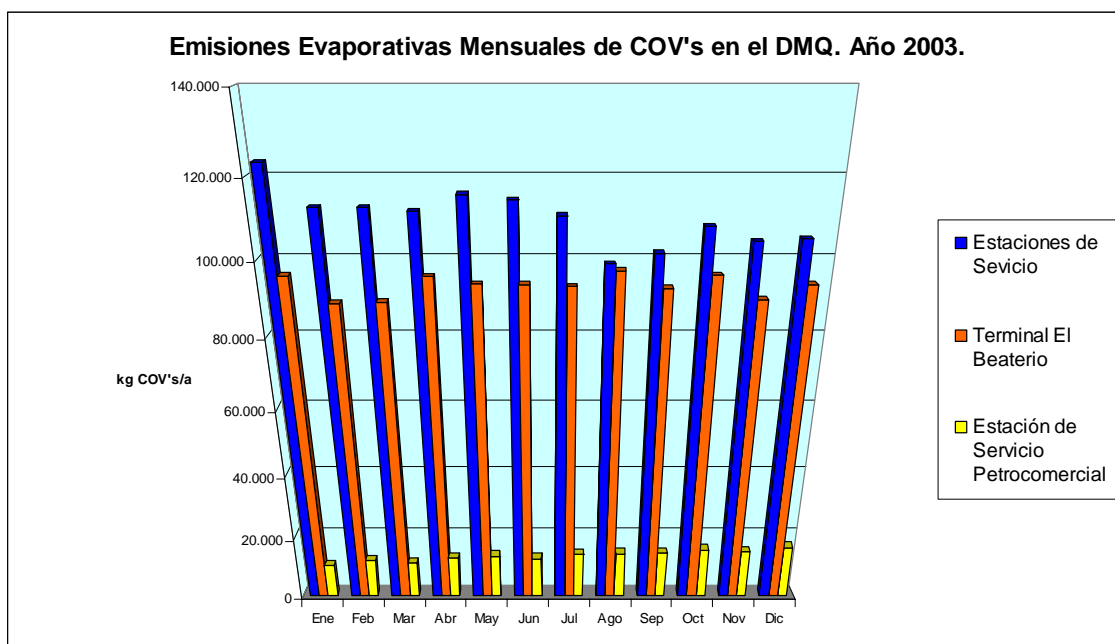


Gráfico 14-1. Emisiones Evaporativas Mensuales, área de trabajo. Año 2003

- En el año 2003, las emisiones evaporativas de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's) desde centros de gestión de combustibles que funcionan en le área de trabajo (DMQ y su área de influencia) definida para el presente inventario ascendieron a un total de 2.638.771,47 kilogramos (2.638 toneladas).

- Desde las 175 estaciones de servicio se han producido 1320.68 toneladas de COV's evaporativos, representando un 50.05% de las emisiones evaporativas totales del área de trabajo.
- El Terminal de productos limpios El Beaterio ha generado un total de 1129.68 toneladas de COV's evaporativos, siendo este el 42.81% del total.

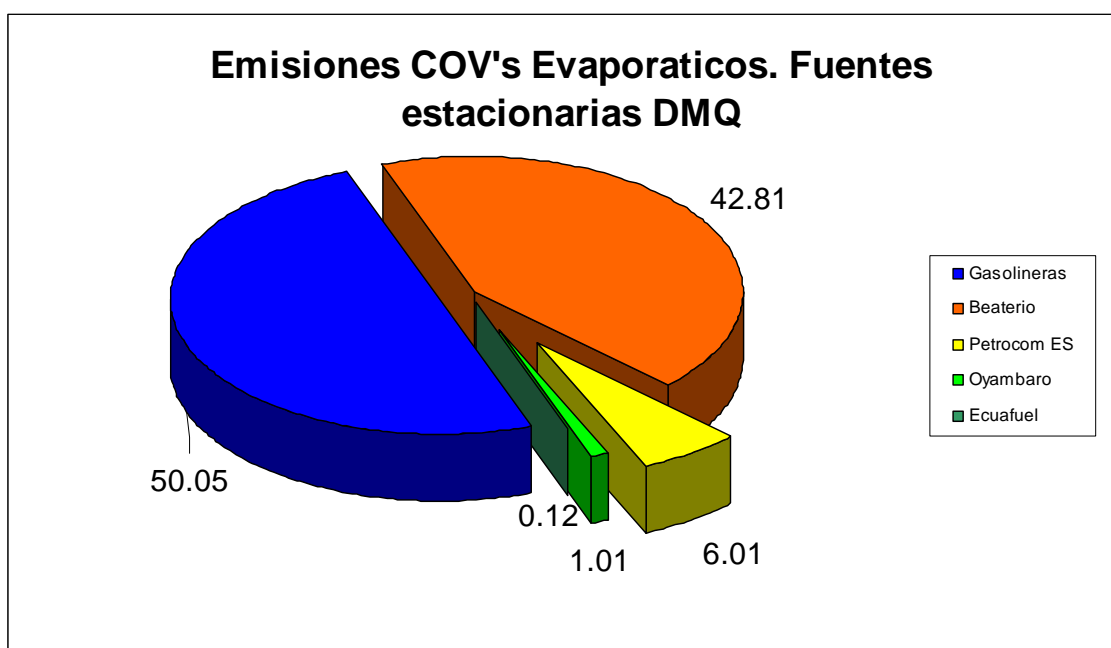


Gráfico 14-2. Emisiones evaporativas anuales de COV's en el área de trabajo. Año 2003.

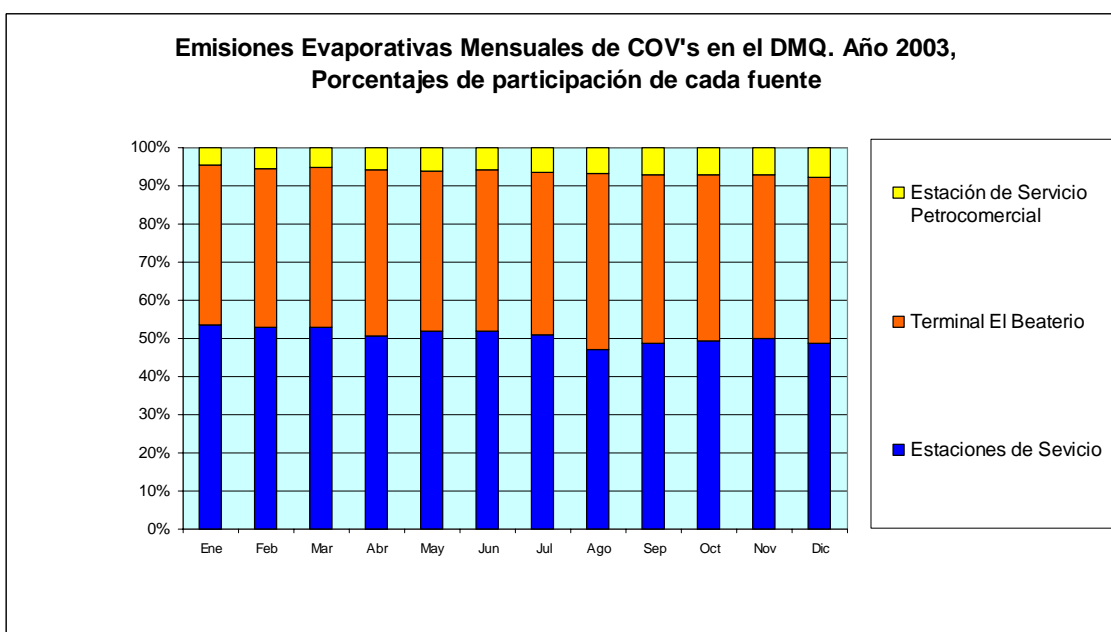


Imagen 14-1. Emisiones evaporativas Mensuales en el DMQ y su área de influencia, Año 2003. Participación de cada fuente.

- Por su parte, la estación de servicio Petrocomercial ha emitido 158 toneladas de COV's, el 6.01%
- Asimismo, encontramos que en Oyambaro y en Ecuafuel se produjeron 26.63 toneladas y 3.28 toneladas respectivamente, entre esas 2 fuentes suman el 1.13% del total de las emisiones de COV's evaporativos en el área de trabajo.
- En lo que respecta a las emisiones mensuales, se puede observar que la máxima cantidad de COV's se ha producido en el mes de Agosto, sumando un total de 292.29 toneladas en todo el DMQ y su área de influencia.
- En contraparte, se puede notar que en el mes de Marzo se registran 223.51 toneladas de COV's, la menor cantidad mensual de todo el año.
- Valores identificados como Gasolinas, Diesel y JET A1, representan emisiones evaporativas desde esos mismos productos gestionados en el Terminal El Beaterio

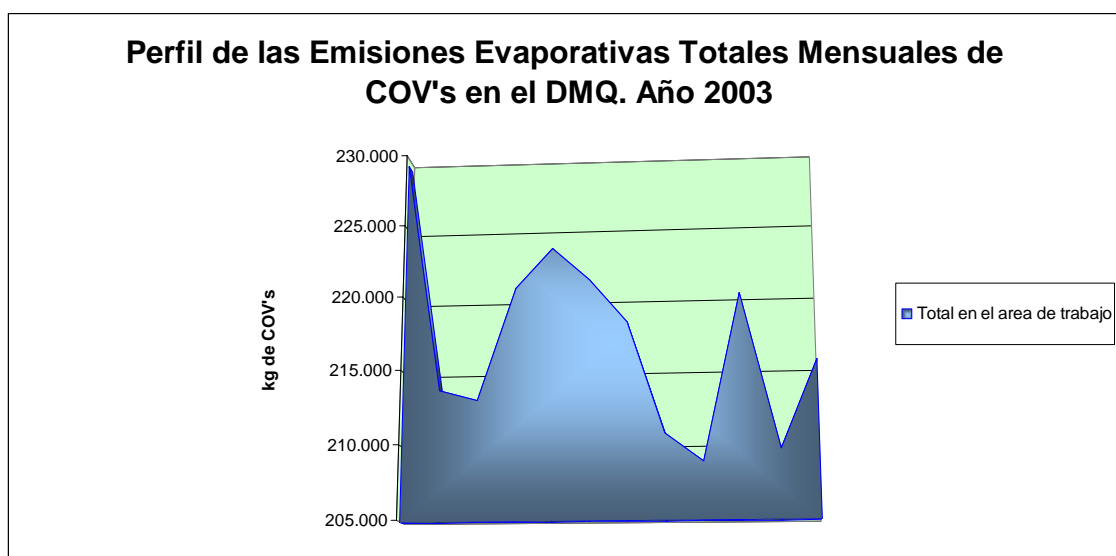


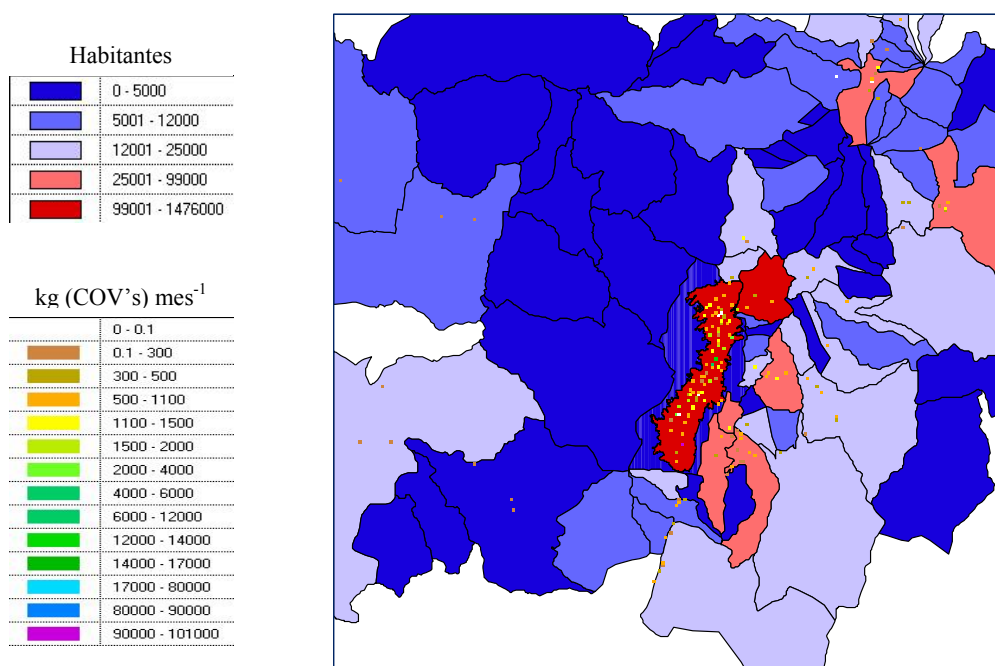
Gráfico 14-3. Aglomerado de emisiones mensuales en toda el área de trabajo.

Los gráficos 14-4 y 14-5 sintetizan los resultados de las estimaciones de emisiones evaporativas de COV's generadas en un día promedio, los valores de emisiones horarias acumuladas (área de trabajo) y parciales (por cada fuente de emisión) se encuentran resumidos en la tabla 13-3.

En cuanto a la relación entre la ubicación geográfica de la población con la de las fuentes de emisión, se puede confirmar que la mayor densidad de fuentes (y, por

consecuencia, de emisiones) se ubica dentro del mismo polígono, dentro del área urbana de la ciudad, donde se registraron alrededor de 1.500.000 habitantes, existen 79 fuentes de emisión, incluyéndose 3 fuentes grandes y el resto son estaciones de servicio.

En la imagen 14-2 se pueden ver traslapadas las cantidades estimadas de emisiones sobre los polígonos que representan cada parroquia del área de trabajo; en ambos casos, se puede ver distintas tonalidades de color simbolizando su magnitud (emisiones y población respectivamente).

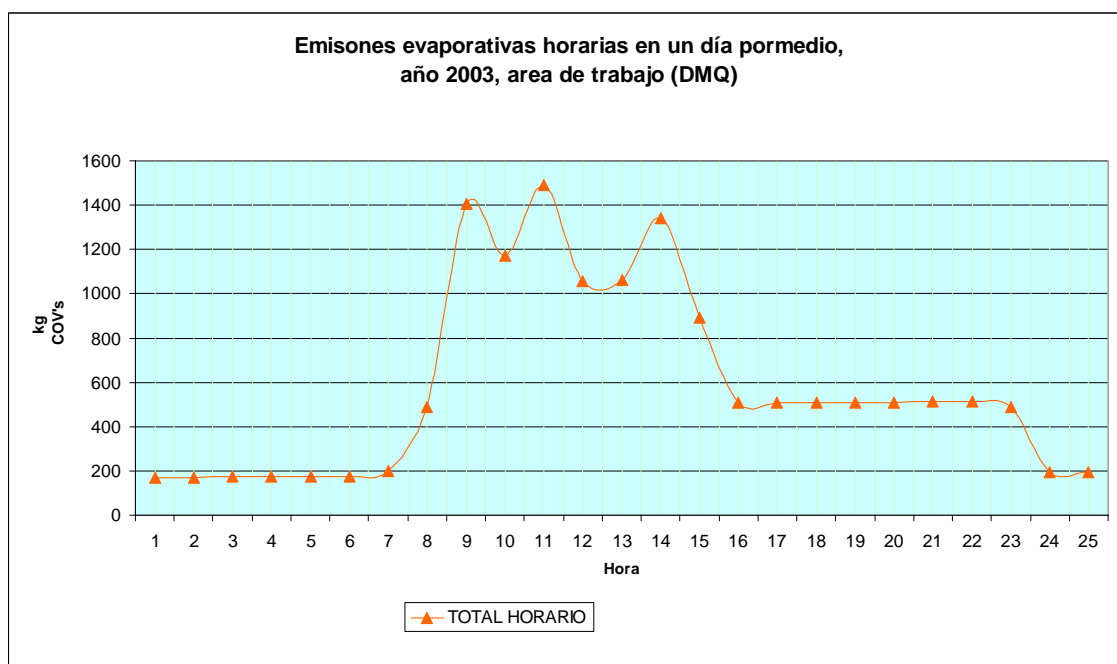


14.2 Inventario de emisiones horarias para un día promedio

En el caso del inventario de emisiones horarias se ha considerado las actividades promedio diarias tomando en cuenta la actividad de todo el año 2003, esto da como resultado un escenario que se interpreta como un día promedio del año. En esta sección se consideran las emisiones producidas por evaporación de gasolinas⁴² y productos limpios de mayor peso molecular (Diesel y JET A1)⁴³

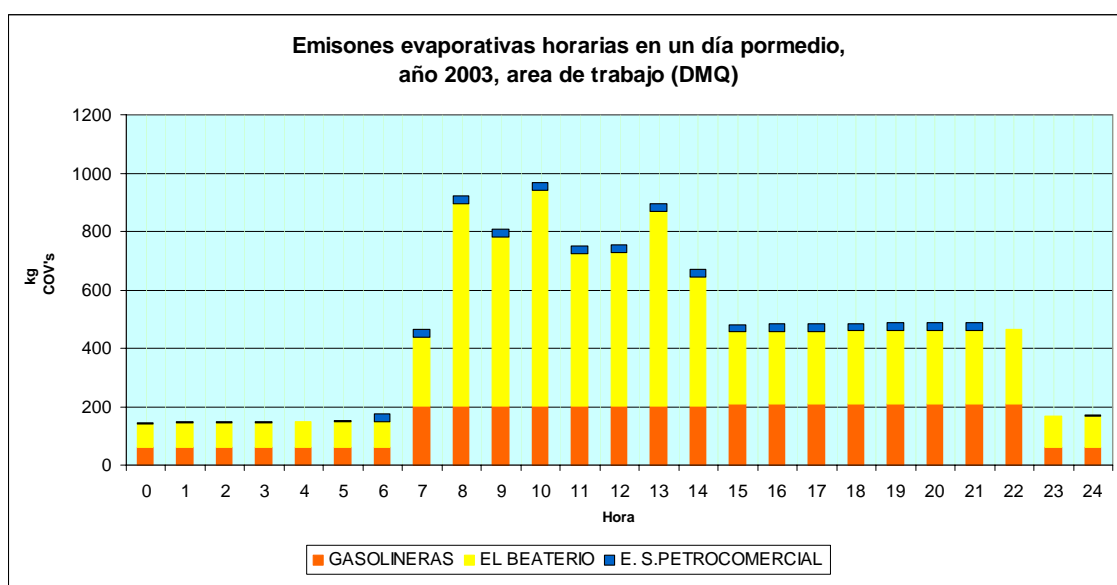
⁴² Para las estaciones de servicio (incluida Petrocomercial ES), se consideran emisiones evaporativas generadas únicamente desde gasolinas

⁴³ Únicamente emisiones de Diesel y JET A1 producto de las entregas a autotanques por medio de los brazos de despacho del Terminal El Beaterio, y por respiración de tanques de almacenamiento.



Fuente: Tabla 14-2; elaboración Andrés Cepeda

**Gráfico 14-4. Emisiones evaporativas diarias en el área de trabajo (DMQ y su área de influencia)
año 2003**



Fuente: Tabla 13-2; elaboración Andrés Cepeda

**Gráfico 14-5. Emisiones evaporativas diarias en el área de trabajo (DMQ y su área de influencia)
año 2003*.**

Tabla 14-3. Emisiones horarias parciales y totales de COV's evaporativos en el área de trabajo (DMQ y su área de influencia)

EMISIONES HORARIAS PROMEDIO EN EL AREA DE TABAJO (kg de COV's) *													
Fuente de Emisión	DETALLE	H O R A											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
EES	GASOLINAS	59,29	59,29	59,29	59,29	59,29	59,29	59,29	203,33	203,33	203,33	203,33	203,33
EL BEATERIO	GASOLINAS	-	-	-	-	-	-	-	-	985,50	733,65	1.076,39	603,89
	DIESEL	-	-	-	-	-	-	-	-	673,43	454,43	776,90	657,00
	JET A1	-	-	-	-	-	-	-	-	202,58	159,87	164,25	95,27
E. S. PETROCOM.	GASOLINAS	2,87	2,87	2,87	2,87	2,87	2,87	26,69	26,69	26,69	26,69	26,69	26,69
TOTAL HORARIO		62,2	62,2	62,2	62,2	62,2	62,2	86,0	230,0	2.091,5	1.578,0	2.247,6	1.586,2
Fuente de Emisión	DETALLE	H O R A											
		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
EES	GASOLINAS	203,33	203,33	203,33	208,60	208,60	208,60	208,60	208,60	208,60	208,60	208,60	59,29
EL BEATERIO	GASOLINAS	608,27	911,59	428,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	DIESEL	652,07	673,43	421,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	JET A1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E. S. PETROCOM.	GASOLINAS	26,69	26,69	25,38	25,38	25,38	25,38	25,38	25,38	25,38	25,38	2,87	2,87
TOTAL HORARIO		1.490,4	1.815,0	1.077,9	234,0	234,0	234,0	234,0	234,0	234,0	234,0	211,5	62,2
Elaboración: Andrés Cepeda St.													

* Emisiones de un día considerado como promedio del año 2003, calculadas mediante la metodología identificada.

14.2.1 Resultados

- En total, en el día promedio se estima que se han producido 14549.11 kilogramos de COV's por evaporación desde combustibles (gasolinas, diesel y JET A1) en el área de trabajo (DMQ y su área de influencia).

De éste total diario:

- Las estaciones de servicio (gasolineras) aportan 3829.08 kg de COV's, el 26.3%.
- El Terminal El Beaterio contribuye con 10277.67 Kg de COV's evaporativos, el 70.6%.
- Mientras que la estación de servicio Petrocomercial participa con 442.37 kg de COV's, el 3%.
- Además, se puede apreciar que las horas de mayor producción de COV's se encuentran en el rango comprendido entre las 7 y las 14 horas, considerándose que en éste rango de tiempo se identificó actividad en el Terminal El Beaterio, según la metodología aplicada al presente estudio.
- Los niveles de actividad presentados en esta parte del inventario (*emisiones horarias de un día promedio*) se mantienen relacionados a los indicadores de actividad por medio de los factores de emisión, esto para cada una de las fuentes; es por ello que se identifican niveles estables y bajos de emisión en los lapsos de 0 a 5 horas y de 15 a 21 horas.
- En el Terminal el Beaterio no se encuentran valores de emisión en los lapsos de 0 a 7 y de 14 a 23 debido a que las emisiones en esta parte del inventario únicamente han sido estimadas para las actividades de despacho de combustibles a autotanques, debido a la falta de información.
- Las emisiones evaporativas de las estaciones de servicio, incluida Petrocomercial ES, permanecen constantes durante lapsos de 8 horas continuas debido a que la información de indicadores de actividad disponible se limita a turnos octohorarios en las estaciones de servicio⁴⁴ que han sido estudiadas para definir los perfiles horarios.

⁴⁴ Inclúyase aquí a algunas de las estaciones de servicio privadas que operan en el DMQ y a Petrocomercial ES.

- En cuanto al aporte de COV's por los productos, se puede reconocer que las gasolinas presentan mayor cantidad de evaporaciones, aportando un 66.1% del total de emisiones generadas en el *día promedio* en área de trabajo.

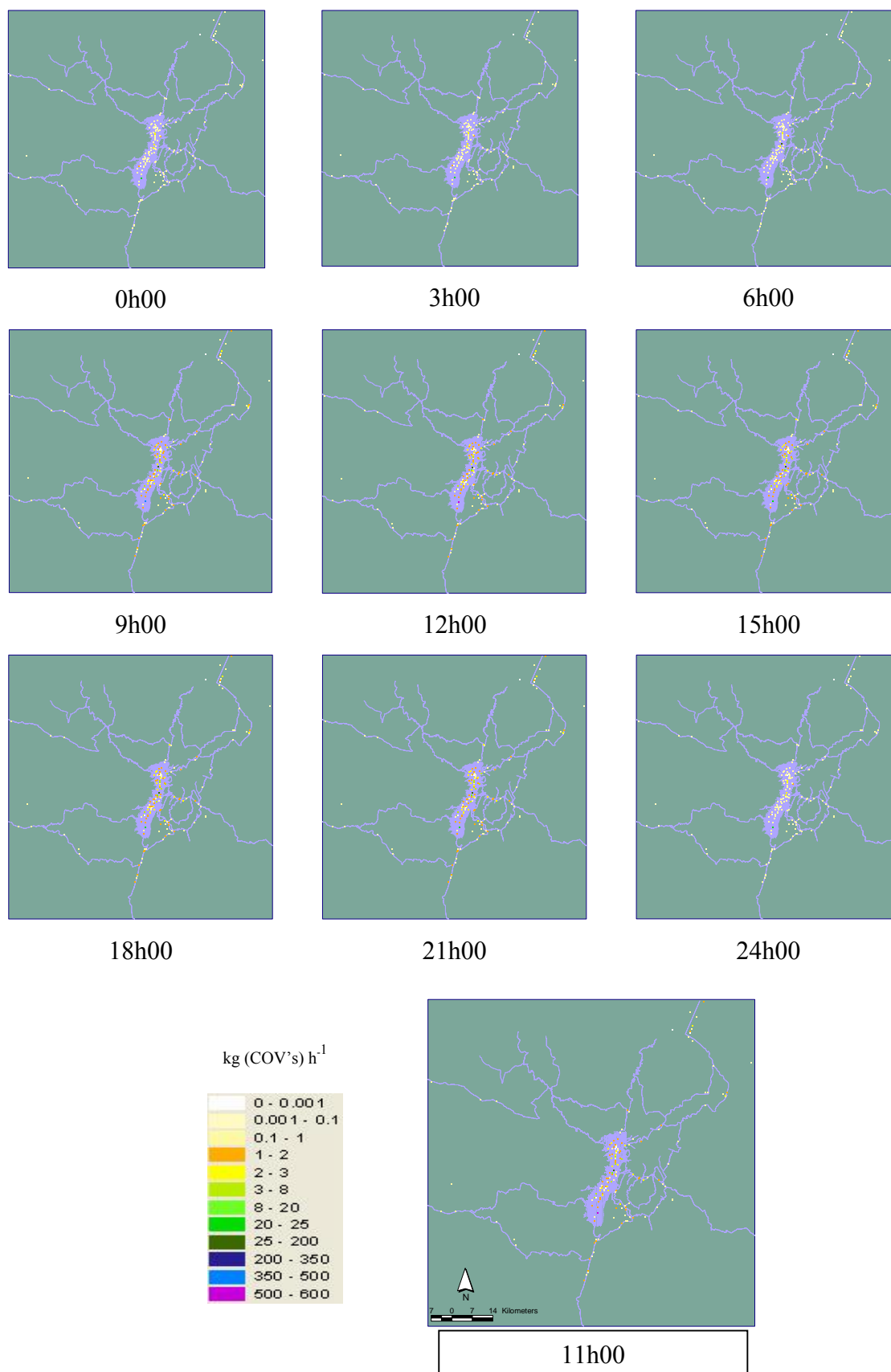
14.3 Desagregación espacial de emisiones evaporativas

Las emisiones evaporativas estimadas en el presente inventario han sido disgregadas espacialmente, tras obtener la ubicación geográfica de cada una de las fuentes, se les han asignado los valores de emisión calculados. Finalmente se obtiene asignación de valores de emisión para la malla de trabajo mediante la sumatoria de emisiones estimadas dentro los límites de cada una de las celdas. Así, se obtienen mapas temáticos para cada mes, en el inventario anual, y en el caso del inventario horario, se consiguen un resultado semejante para cada hora.

En este documento se presentan las emisiones calculadas incluidas la fuente que las generó y su respectiva ubicación geográfica en coordenadas geográficas (Lat.-long), esa información se presenta en el anexo 12.

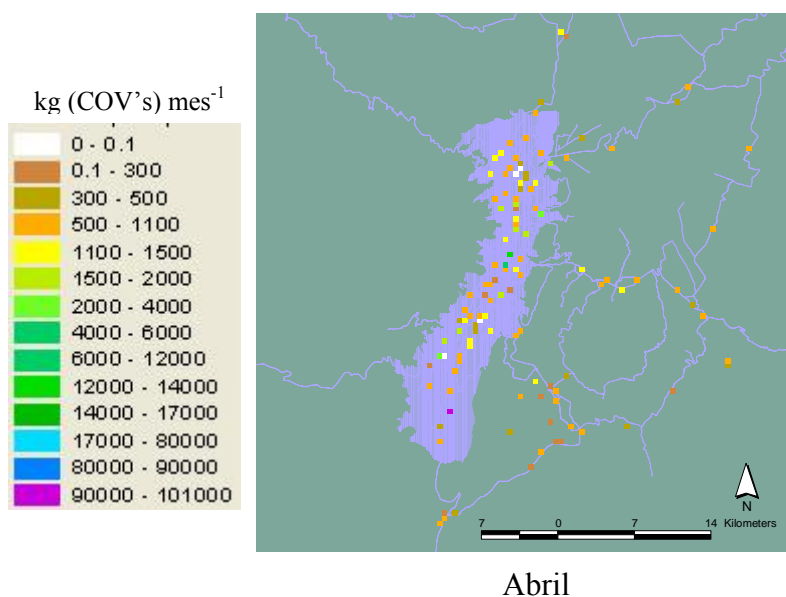
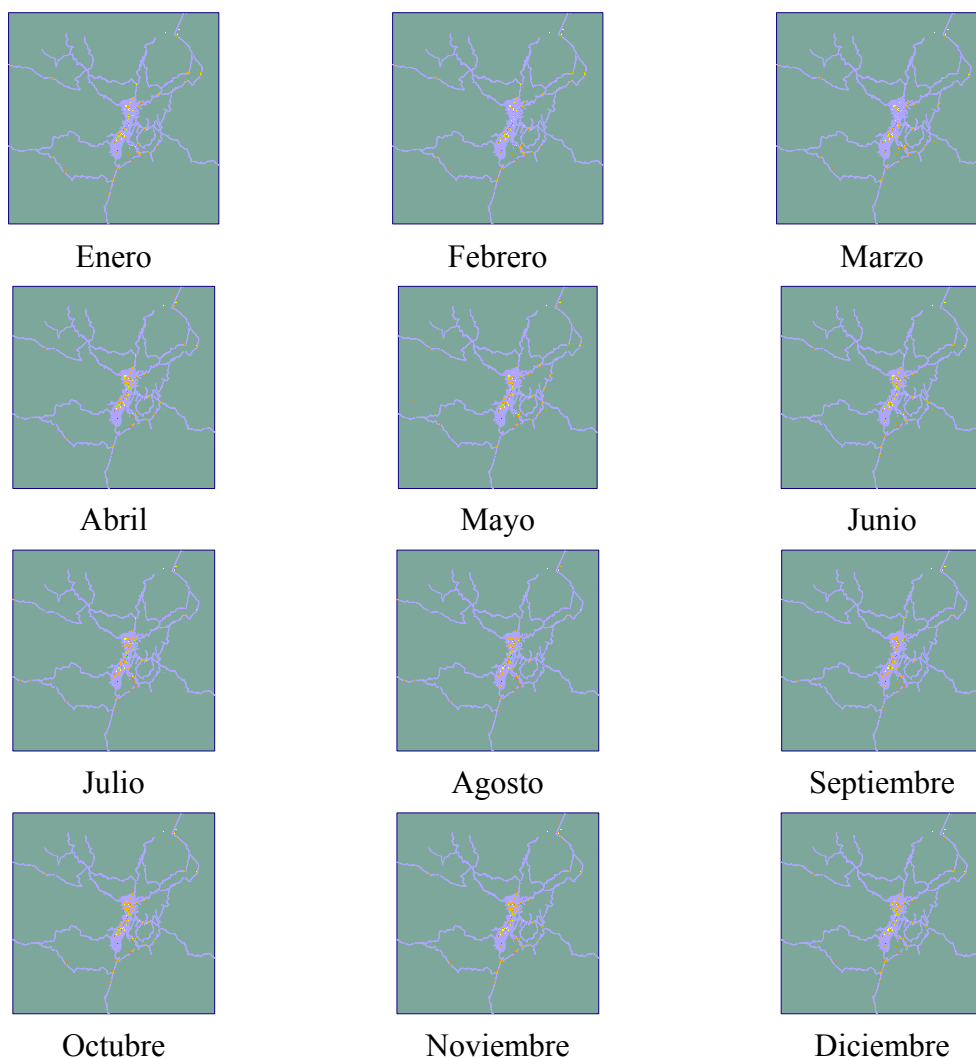
En las tablas 14-4 y 14-5 se muestra la ubicación de las emisiones, estimadas mediante la metodología implementada y su respectiva ubicación, proporcionada por el Ministerio de Energía y Minas. Además, en cada mapa se detallan las vías de comunicación, nótese las emisiones se encuentran replegadas dependiendo del trazado de las carreteras.

Tabla 14-4. Emisiones evaporativas en el área de trabajo, durante un día promedio, año 2003⁴⁵



⁴⁵ emisiones estimadas mediante la metodología establecida y ubicadas geográficamente

Tabla 14-5. Emisiones evaporativas mensuales en área de trabajo, año 2003⁴⁶



⁴⁶ emisiones estimadas mediante la metodología establecida y ubicadas geográficamente

14.4 Especiación de emisiones evaporativas

Se refiere a la composición de los COV's que se producen por evaporación de las gasolinas. No se han encontrado estudios locales de especies químicas presentes en los vapores de gasolinas, por ello se han aplicado, como referencia, perfiles consultados en la bibliografía. Se proponen dos fuentes de información para la especiación:

Tabla 14-6. Composición de COV's evaporados de gasolina⁴⁷.

(Ntziachristos and Samaras, 2000)		(USEPA, 2002)	
(EEA, 2001)			
Especie	%	Especie	%
Isopentano	25,00	n-Butano	28,34
n-butano	20,00	Isopreno	13,60
n-Pentano	15,00	Tolueno	8,51
Hexano	15,00	Isobutano	6,56
Isobutano	10,00	n-Pentano	4,67
2-Penteno	3,00	2-Metilpentano	2,28
Heptano	2,00	p-Xileno	2,11
2-Buteno	2,00	2,2-Dimetilbutano	1,68
1-Penteno	2,00	Propano	1,54
1,3-Hexeno	1,50	4-Metil-1-penteno	1,49
Propano	1,00	1,2,4-Trimetilbenceno	1,21
1-Buteno	1,00	3-Metilpentano	1,17
Benceno	1,00	Cis-2-penteno	1,13
Tolueno	1,00	Trans-2-penteno	1,11
m,p Xileno	0,50	2,3-Dimetilbutano	1,04
		2,3-Dimetilpentano	1,03
		otras especies	22,48
	100		100

⁴⁷ Perfiles de especiación de Compuestos Orgánicos Volátiles libres de Metano, no metánicos (MCOV)

15 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

15.1 Inventario Anual

Comparando los porcentajes de aporte de las emisiones evaporativas entre el Terminal Beaterio y las estaciones de servicio (incluida Petrocomercial ES) tenemos que el primero aporta el 43.23%, mientras que las gasolineras el 50.53%. En el contexto de que aproximadamente la misma cantidad⁴⁸ de combustible es despachada en el Terminal y posteriormente en las estaciones de servicio, se puede identificar que las diferencias en evaporaciones son marcadas. Esto se debe a las medidas de control de emisiones evaporativas que se emplean por separado en cada una de las fuentes. Así, tenemos que en el Terminal el Beaterio existen instalados tanques de techo flotante para el almacenamiento de productos de mayor volatilidad⁴⁹, en contraparte, las estaciones de servicio mantiene válvulas de venteo que permiten la libre salida de COV's desde tanques subterráneos. No obstante, las prácticas de despacho en ambos casos no incluyen metodologías destinadas a recuperación de vapores, razón por la cual se entiende que ambos porcentajes no se alejan mucho el uno del otro.

Por otro lado, se debe tomar en cuenta que el aporte de estaciones de servicio proviene desde 176 fuentes, mientras que el Beaterio se considera como una sola. La distribución espacial de las emisiones evaporativas es muy distinta en el caso del Terminal de productos limpios en comparación con las gasolineras.

Se debe reconocer que las estaciones de servicio se encuentran ubicadas a lo largo de vías de tránsito vehicular, en donde se cree que existe alto aporte de NO_x. Estos factores pueden eventualmente promover la producción de Ozono en esas áreas.

Como se ha reconocido, los aportes mas altos de COV's se presentan en Agosto, lo cual puede ser interpretado como un fenómeno producto de la incidencia de factores

⁴⁸ Alrededor del 1% (v/v) es evaporado en las prácticas de manipuleo de combustibles en el transporte de combustible desde la salida del brazo de despacho en el terminal hasta la estación de servicio. (NOBOA, 2000)

⁴⁹ No para todo el volumen del acumulado de éstos productos. Un tanque de techo fijo almacena gasolina SUPER, el TB – 1012.

meteorológicos, puesto que en no se encuentran variaciones importantes en los indicadores de actividad; sin embargo, el parámetro meteorológico con mayor variación reconocido representa la velocidad del viento. Adicionalmente, las emisiones de mayor proporción reconocidas en esta época del año son determinadas por la respiración de los tanques en el Terminal el Beaterio (véase tabla 12-1),

15.1.1 Inventario para un día promedio

Las horas de mayor producción de COV's evaporativos se ven influenciadas directamente por actividades realizadas en el Terminal El Beaterio.

Los datos mostrados para este inventario diario se encuentran sujetos a discusión debido a que se han promediado de acuerdo a actividades de algunas de las fuentes y se han extrapolado para las demás, por lo tanto, no son la representación más acertada de la realidad, aunque sirven como línea base para conocer el estado estimado de la generación de COV's por evaporación de combustibles en el área de trabajo.

16 CONCLUSIONES

- 16.1 De las evaluadas, la fuente que mayor cantidad de emisiones de COV's por evaporación produce, resulta ser el aglutinado de gasolineras, incluidas las privadas y la estatal (Petrocomercial ES). Sin embargo, por si solas cada una de las 176 estaciones de servicio no tiene una representatividad puntual como, en el presente caso, El Beaterio, una fuente de mayor actividad.
- 16.2 Las emisiones producidas por los combustibles de pesos moleculares mayores (combustibles pesados: Diesel – Destilado 1, Diesel 2, Diesel Premium) intervienen de una manera en extremo limitada, en comparación con el total de emisiones obtenidas, por esta razón se determina que los combustibles volátiles son las gasolinas: Extra, Super, la nafta de bajo octanaje (Nafta Base) y la gasolina de aviación (AvGas 100/130).
- 16.3 Las prácticas de manipulación de los combustibles en el DMQ y su área de influencia son los principales causantes de emisiones evaporativas de COV's en el inventario actual. Aquí se considera la falta de sistemas de recuperación de vapores COV's en las actividades de transferencia de productos limpios.
- 16.4 La implementación de tanques de almacenamiento de techo flotante representa un aporte significativo a la reducción de emisiones evaporativas.
- 16.5 Las emisiones evaporativas consideradas en el presente inventario son originadas desde las siguientes actividades:
- Transferencia⁵⁰ de combustibles desde un recipiente a otro, por ejemplo desde un tanque subterráneo de almacenamiento hacia el tanque de combustible de un vehículo
 - Respiración de tanques de almacenamiento.

⁵⁰ Inclúyase la transferencia de combustibles en todas las fuentes y las correspondientes actividades descritas en el capítulo *FUENTES DE EMISIÓN*..

16.6 El fenómeno de emisiones evaporativas varía⁵¹ de acuerdo a los siguientes parámetros⁵²:

- Volumen de despacho de combustible como indicador de actividad de la fuente de emisión.
- Presión de vapor del combustible
- Características de almacenamiento
- Meteorología: Temperaturas media, máxima y mínima, presión atmosférica, velocidad del viento, radiación solar.

16.7 Las estaciones de servicio han despachado el 95.7% del volumen que han adquirido en el Terminal El Beaterio a lo largo de todo el año 2003. Sin embargo, en el año 2003, han emitido una cantidad de COV's que representa el 130.9% de la que emitió el terminal de productos limpios en ese mismo año. Lo cual sucede debido a que en las estaciones de servicio nunca ocurre carga sumergida durante las transferencias de combustible. En cambio, en el terminal El Beaterio, casi al final de la carga de cada tanquero, el brazo de despacho queda sumergido en el combustible reduciéndose las emisiones evaporativas

16.8 Como se puede apreciar en la tabla 14-2, la densidad de emisiones más alta se circunscribe en el límite urbano de Quito, donde se produce el 79% de las emisiones evaporativas de toda el área de trabajo; por su parte, el área de trabajo por si mismo genera el 88% de las emisiones de todas las del área de trabajo

16.9 Durante el día, se reconoce que los indicadores de actividad son más elevados en el transcurso de las horas con radiación solar, lo cual promueve la evaporación. Sin embargo se requiere de un estudio futuro para conocer la incidencia concreta de este parámetro meteorológico.

16.10 La metodología de cálculo se puede considerar bastante apropiada y fácil de usar; sin embargo, requiere que los factores de emisión sean afinados para reproducir mejor los

⁵¹ La lista propuesta no supone ordenes de prioridad

⁵² Parámetros que tengan incidencia directa sobre el producto volátil. Por ejemplo, la meteorología aplicable a la zona en que esté emplazada la fuente en estudio.

fenómenos ocurridos en Quito. Adicionalmente, la metodología propuesta en este trabajo, no ha sido sustentada empíricamente, por lo que sería de gran ayuda confirmar los resultados con monitoreos.

- 16.11 Las emisiones estimadas en el presente estudio, suponen un primer acercamiento a la cantidad de COV's producidos en Quito, no se han podido constatar resultados de estudios previos de éste tipo para el área de estudio. Asimismo, de las empresas consultadas, ninguna pudo dar razón de las emisiones evaporativas que se producen en sus respectivas instalaciones.
- 16.12 Como se ha podido constatar, la cantidad de COV's emitidos a la atmósfera alcanza mas de 2 kilotoneladas anuales, las afectaciones a la salud de personas expuestas directamente a emisiones evaporativas deben ser estudias particularmente. Por otro lado, es necesario definir la incidencia de las emisiones presentadas en este inventario, frente a la formación de smog fotoquímico, el O3 troposférico, deberá ser estimado a través de investigaciones posteriores.
- 16.13 La alta cantidad de emisiones evaporativas generadas en cada una de las fuentes puede repercutir sobre la reducción en términos de seguridad de obreros involucrados en la gestión de combustibles, en las instalaciones de cada fuente estudiada e inclusive sobre el medio circundante, reconózcase la alta explosividad que permite la salida incontrolada de COV's evaporativos, y el requerimiento constante de control sobre la práctica de medidas de seguridad frente a este riesgo.
- 16.14 El aporte que presenta el inventario expuesto, se define en tal magnitud como sea representativo en el inventario de emisiones del DMQ y su área de influencia y de tal forma que permita establecer medidas para el mejoramiento de la calidad del aire. Además, la generación de factores de emisión facilitará la modelación de la calidad del aire en el caso de que las fuentes presentadas sean incluidas en esa actividad.

Tabla 16-1. Emisiones por fuente de emisión y actividad calculados

Emisiones por fuente de emisión, actividades y productos manipulados										
Año 2003										
FUENTE	kg COV's									
	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	t COV's (Año 2003)	%
Terminal El Beaterio	93.876,37	93.787,00	93.244,74	97.352,60	92.643,24	96.167,25	89.744,73	93.658,63	1.120,35	100,00%
Carga a autotanques	75.587,33	75.587,33	75.587,33	75.587,33	75.587,33	75.587,33	75.587,33	75.587,33	907.047,94	77,02%
Respiración de tanques	18.289,05	18.199,67	17.657,41	21.765,27	17.055,91	20.579,92	14.157,40	18.071,30	270.672,03	
Beaterio (Gasolinas)	18.028,16	17.938,78	17.396,52	21.504,38	16.795,02	20.319,03	13.896,51	17.810,41	267.541,34	
Beaterio (Diesel)****	213,75	213,75	213,75	213,75	213,75	213,75	213,75	213,75	2.564,95	
Beaterio (JET A1)	47,15	47,15	47,15	47,15	47,15	47,15	47,15	47,15	565,75	
Estación de Servicio Petrocomercial	13.584,96	12.765,88	14.083,59	14.354,38	14.528,09	15.600,27	15.129,51	16.563,64	162,88	6,12%
Recarga Tanques y Autos	12.316,04	11.583,42	12.787,39	13.032,84	13.182,79	14.158,80	13.754,50	15.048,69	73,28	
Respiración Tanques	1.268,92	1.182,46	1.296,20	1.321,55	1.345,30	1.441,46	1.375,01	1.514,95	15,13	
Estaciones de Servicio	115.918,77	114.586,23	110.856,67	98.967,51	101.577,06	108.233,37	104.646,31	105.228,69	1.320,68	49,63%

17 RECOMENDACIONES

En términos generales, es posible minimizar las emisiones evaporativas de COV's en Quito, y en más de un 90%⁵³. Pero debido a que las medidas que se puedan aplicar, podrían resultar altamente costosas, en términos económicos) los esfuerzos de minimización de emisiones deben estar enfocados para obtener paulatinamente:

- La reducción de turbulencias en el flujo del combustibles durante la transferencia
- La recuperación de vapores desplazados durante las transferencias
- Mantenimiento preventivo de equipos de monitoreo y gestión de combustibles
- Seguimiento de las actividades desarrolladas
- Implantación de metodologías de reducción de emisiones alternativas a las explicada en este estudio

Ahora, la aplicabilidad de la recuperación de vapores en las fuentes está sujeta a la existencia de instalaciones capaces de procesarlos nuevamente a gasolinas u otro tipo de productos útiles. Por lo tanto, la recuperación de vapores únicamente es efectiva si se los puede reutilizar los vapores recuperados; por ello, se ha dará un grado de importancia mayor a la reducción de turbulencias en el flujo durante la transferencia.

La importancia que presenta la implementación de éste tipo de medidas supone un nivel de alto grado. Si bien es cierto que las inversiones requeridas pueden ser altas (en términos de recursos humanos, tecnológicos y monetarios, esencialmente), el beneficio ambiental que se espera obtener también tiene un valor altamente importante, basándose principalmente en la reducción de la emisión de compuestos orgánicos cancerígenos y potencialmente cancerígenos, irritantes evidenciándose una reducción del riesgo sobre la salud de los habitantes de la ciudad y sobre todo de los trabajadores que desenvuelven sus actividades laborales en cada una de las fuentes; además, desde el punto de vista de calidad de aire se conseguirá una reducción importante en cuanto a la producción de COV's en su calidad de precursores de O₃ troposférico

De todas formas, cabe enfatizar en que antes de la instalación de los sistemas de recuperación de vapores, habrá que reconocer la importancia que la reducción de turbulencias

⁵³ Según la EPA y Gabriel Noboa, la recuperación de vapores en estaciones de servicio y terminales tiene una eficiencia superior al 90%.

en el flujo durante la transferencia representa en cuanto a la minimización de producción de vapores.

Finalmente nótese que, además de todos lo beneficios enfocados a la salud y a la calidad del aire en el área de trabajo, las medidas que se proponen promueven la reducción de pérdidas en volumen de productos debido a las mermas, este argumento concuerda con estudios previos realizados sobre el tema, investigaciones realizadas por Bolaños, 2000 y Noboa, 2000.

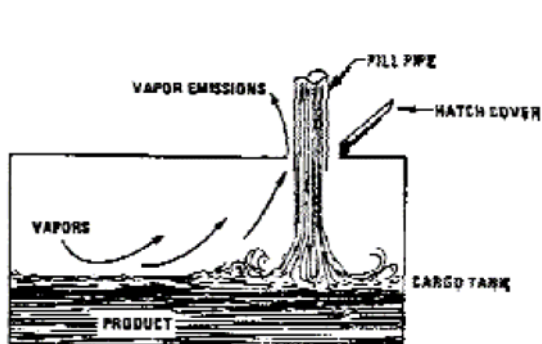


Imagen 17-1. Carga por salpicadura

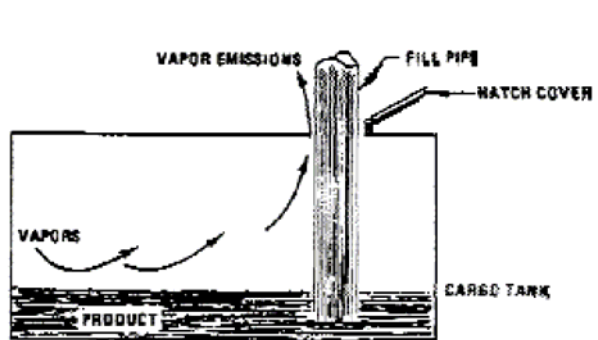


Imagen 17-2. Carga sumergida

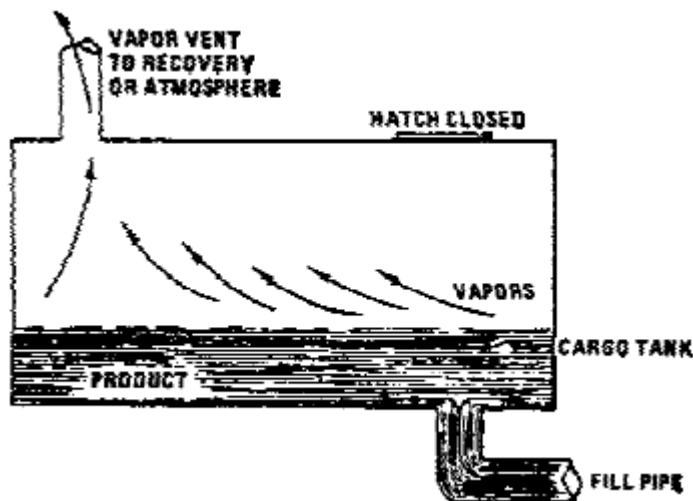


Imagen 17-3. Carga de fondo.

17.1 Recomendaciones específicas para las fuentes de emisión

Prácticamente todas las operaciones de transferencia de combustibles presentadas en este documento ocurren por salpicadura (imagen 17-1), mientras que en el terminal El Beaterio, se puede creer que al final de la carga a los tanqueros, el brazo de despacho queda sumergido en el combustible, produciéndose la carga subsuperficial (imagen 17-2). Pero el nivel óptimo de

transferencia de productos se enmarca en la carga de fondo (imagen 17-3). En este estudio se recomienda tomar las medidas necesarias para establecer al menos operaciones de transferencia por carga sumergida

Específicamente, se proponen las siguientes medidas para cada una de las fuentes:

17.1.1 Estaciones de Servicio

Para la reducción de aporte de COV's desde las estaciones de servicio se recomienda la recuperación controlada de las emisiones evaporativas a través de la implementación de sistemas de recuperación de vapores que prevén recuperar los vapores producidos por la transferencia de productos. Esto es sistemas de balance de vapores de estación 1 y estación 2 (Bolaños; 2001).

- **Fase Uno:** Recuperación de vapores producidos en la transferencia desde el tanque cisterna hacia el tanque subterráneo de almacenamiento. Los vapores recogidos en el tanque subterráneo son llevados al depósito del camión.
- **Fase Dos:** Recuperación de vapores desde el despacho a vehículos. Los vapores son succionados desde el interior del tanque de combustible del automotor por medio de un dispositivo instalado en la *pistola* de despacho; de ahí, los vapores son llevados hacia el tanque subterráneo de combustible.

En las imágenes 17-4 y 17-5 Se ilustran diseños posibles de sistemas de control balanceado de recuperación de vapores en una estación de servicio.

Adicional a la recuperación de emisiones se recomienda la verificación de las presiones de trabajo de las válvulas de venteo. Específicamente que cumplan al menos con las características sugeridas en el ANSI # 150, como lo establecido en el Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (RAOHE) mediante Decreto Ejecutivo N° 2982 (registro oficial N° 766, Agosto/1995).

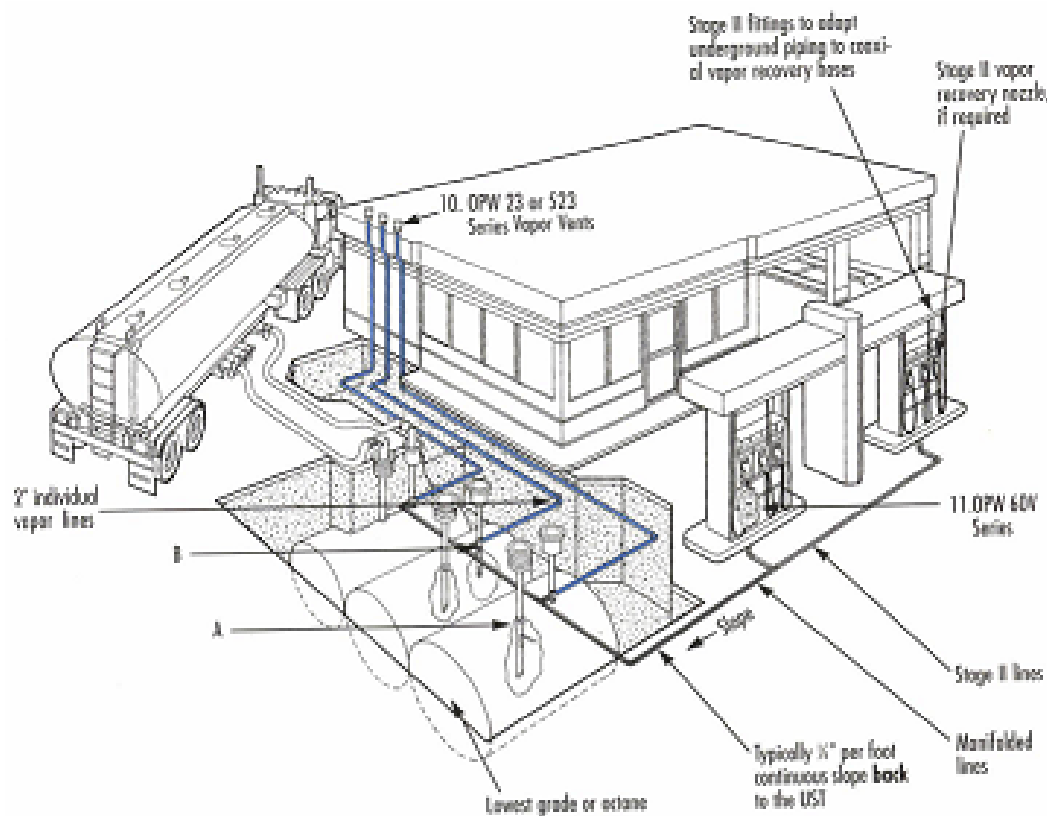


Imagen 17-4. Sistema de recuperación de vapores balanceado. Fase 1 (OPW;1997)

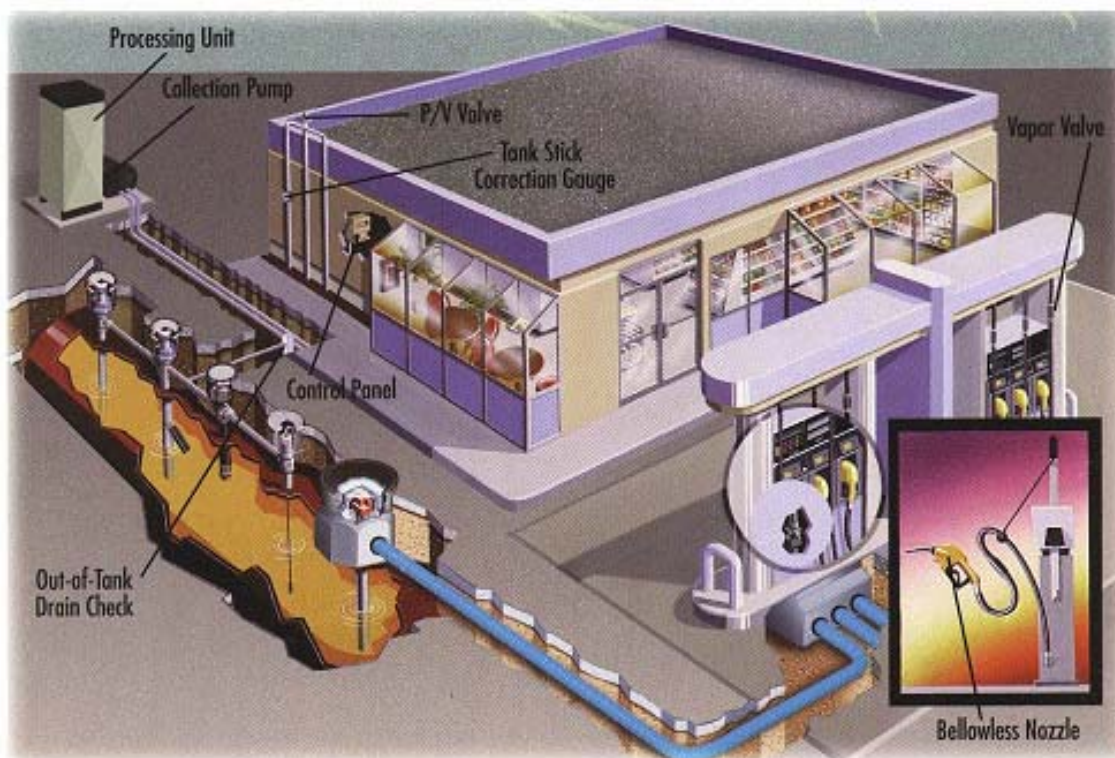


Imagen 17-5. Sistema de recuperación de vapores balanceado. Fase 2 (OPW;1997)

Al menos hasta que se tomen medidas de control de emisiones, se recomienda, por principio de precaución, la utilización de Equipo de Protección Personal por parte de los operadores de las distintas facilidades de gestión de combustibles considerando su exposición a COV's de 8 horas diarias, como mínimo.

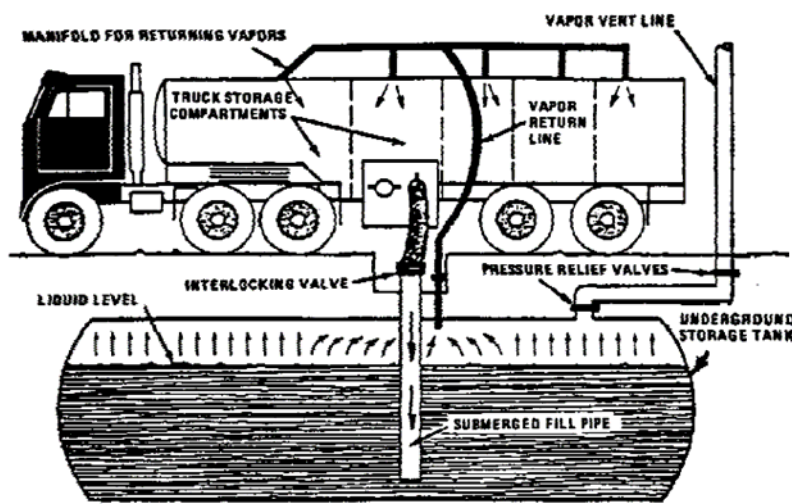


Imagen 17-6. Esquema de recuperación de vapores Fase 1 en una estación de servicio. (EPA, 1995)

17.1.2 Terminal de Productos Limpios El Beaterio.

En las islas de despacho, se deben desarrollar medidas necesarias para la carga ventral de los autotanques, esto es para garantizar transferencia de fondo, minimizando salpicadura en el interior del compartimiento de alojamiento de combustible (BOLAÑOS; 2001). De no ser accesible emplear esta técnica, temporalmente se puede implementar la carga sumergida (subsUPERficial) que resulta más económica.

El tanque TB - 1012, o cualquiera otro destinado al almacenamiento de gasolina SUPER, debe tener techo flotante, al menos externo⁵⁴, para reducir las evaporaciones por respiración. No obstante, si se mantiene el producto almacenado en un tanque con techo fijo, se sugiere tomar las medidas citadas en el párrafo siguiente.

Para tanques con techo fijo se deberá mantener cerrada herméticamente la boca de acceso para aforos manuales, para tal fin, se deberán registrar los monitoreos (fiscalización) de acuerdo a los resultados presentados por los sistemas de seguimiento automático (radares,

⁵⁴ Siendo la medida mas favorable diseñar un techo de flotante interno.

sensores y sistemas de control computacional). Si se decide mantener los aforos manuales como procedimiento para la fiscalización de los tanques, se deberán mantener cerrados los accesos antes y después de los monitoreos, además los operadores responsables tendrán que contar con EPP adecuado para reducir la dosis de COV's que reciban por inhalación. Finalmente, habrá que garantizar mantenimiento preventivo (y correctivo, de ser el caso) de las válvulas de alivio de presión, llamadas también chimeneas, para que ellas sean las únicas encargadas de liberar vapores a la atmósfera.

Para los tanques de techo flotante, se propone implementar sellados de tipo secundario (sellos tipo zapata) y reducir espacios de vapor entre sello tipo delta de neopreno y producto almacenado; esto, aplicando medidas de diseño como: cambio de sello de sección triangular por uno de sección rectangular, o bien ubicando su vértice en contacto con el líquido; estas medidas deberán ser tomadas con el fin de minimizar evaporaciones que pasan entre el sello y la pared del tanque⁵⁵.

Por último, se recomiendan medidas de mantenimiento preventivo de las cubiertas de los tanques de almacenamiento con la finalidad de evitar corrosión de materiales, fallas en soldaduras y reducción de resistencia al intercambio de calor entre el interior y el exterior del tanque.

17.1.3 Terminal GLP Oyambaro

A pesar de que esta fuente genera un nivel de COV's evaporativos relativamente reducido, se ha reconocido que existen medidas que se pueden emplear para minimizarlas aún más. Específicamente, las medidas deberán aplicarse al tanque SLOP V8. Estas incluyen:

- Cambio de diseño de tanque a tanque tipo techo flotante, puesto que almacena productos volátiles.
- De no tomarse la medida anterior deberá mantenerse la boca de aforo manual herméticamente cerrada y permitir salidas de vapores controlados a través de la chimenea instalada en el techo del tanque.

⁵⁵ Medidas destinadas a garantizar que el sello descansa directamente sobre el líquido, de forma de minimizar los posibles espacios vacíos que eventualmente permitieran la formación de vapores.

- No descuidar medidas de control en el resto de actividades de gestión de GLP, medidas que se encontraron adecuadas para mantener niveles bajos de emisión.

17.2 Para el depósito de aerocombustibles Ecuafuel

A pesar de que se ha identificado que las emisiones producidas desde los aerocombustibles son reducidas, en el presente informe se recomiendan mediadas con el afán de reducir esas emisiones aún más.

Los tanques verticales de almacenamiento de JET A1 deberán liberar vapores únicamente a través de sus chimeneas de alivio de presión, los cuellos de ganso y accesos de aforo manual se tendrán que abrir en casos extraordinarios.

Mantenimiento preventivo y correctivo de instalaciones de gestión de aerocombustibles deberán aplicarse para reducir derrames y desgaste de materiales.

18 GLOSARIO DE TÉRMINOS

Aerocombustibles: Combustibles utilizados en la aviación, al servicio de aeronaves de todos los tipos. De todos ellos, en el presente inventario se consideran al combustible de avión, JET A1, y gasolina de aviación, AVGAS 100/130.

COV's: Compuestos Orgánicos Volátiles, véase capítulo 6

Despacho: Salida intencional de producto desde un sistema para ser ingresado a otro.

Emisión: Inyección de un volumen de gas determinado desde una fuente antropogénica a la atmósfera. También se entiende por la salida de ese gas desde el sistema en cuestión al ambiente.

Equipo de protección personal (EPP): Elementos de naturaleza artificial que permiten reducir la exposición de personas a riesgos de salud, cubriendo las zonas del cuerpo expuestas al mencionado riesgo, por ejemplo, el uso de máscaras representa una barrera que evita el paso de sustancias dañinas al organismo. En el presente estudio se recomienda el uso de EPP que prevenga inhalación de vapores de COV's.

Estación de servicio: Infraestructura instalada con la finalidad de comercializar directamente los combustibles a los consumidores finales. Esencialmente, comprende de facilidades de almacenamiento de capacidad mediana (tanques subterráneos) e instrumentos de inyección de combustibles a los tanques de los vehículos. Adicionalmente, existen otros elementos dentro de una estación de servicio, se han mencionado los que resultan de interés para el estudio actual; los dispositivos de una estación de servicio son operados por seres humanos,

Evaporación: Cambio de estado de un compuesto de líquido a vapor. Fenómeno provocado por aumento de temperatura que ocasiona mayor actividad intramolecular del compuesto.

Factor de emisión: Razón que representa la relación entre la emisión como tal y una determinada unidad representativa de la productividad de una actividad. Por ejemplo: volumen de producto, cantidad de habitantes, distancia recorrida.

Gasolinas: Combustibles de superior volatilidad. Incluidos aquí productos derivados de petróleo más livianos, Gasolina Extra (80 octanos) y Gasolina Super (89 octanos), véase capítulo COMBUSTIBLES.

Georefernciado, Georeferencia: Se ve determinada por la ubicación geográfica de la información. Es decir que demuestra la relación que tienen sobre el plano geográfico (mapas) los datos en cuestión. Por ejemplo, la ubicación geográfica de cada una de las fuentes de emisión, de tal forma que cada una punto esté relacionado a su respectiva base de datos incluyéndose ahí atributos de interés, como el nombre de la fuente, emisiones evaporativas de COV's, indicadores de actividad, etcétera.

Indicador de actividad: Variable dependiente del nivel de actividad de un sistema. El indicador de actividad es medible. Su valor es sensible a diferencias en el trabajo del sistema en estudio, por lo cual se convierte en testigo de su grado de actividad.

Presión de Vapor Reid (PVR y RVP en inglés): Presión causada por el vapor de un compuesto volátil sobre las paredes con las que está en contacto (ese vapor).

Productos limpios: denominados así los combustibles finales obtenidos de la refinación del petróleo crudo. Dichos productos son lanzados al mercado con el objetivo de ser comercializados a los consumidores finales. Entre ellos: gasolinas (extra y súper), diesel, gas licuado de petróleo; a pesar de ser también productos limpios, los aerocombustibles se categorizan por separado.

Respiración de tanques de combustible: Entiéndase como la salida a la atmósfera de vapores producidos en el interior de un tanque de almacenamiento de combustible. Fenómeno ocurrido debido a la evaporación de COV's que se acumulan sobre la superficie del líquido, en el volumen libre del tanque, entre el producto que almacena y su techo.

Temperatura ambiente: Temperatura de la atmósfera, registrada en una zona abierta representando las condiciones naturales a las que se encuentran expuestos los seres vivos en la biosfera.

Válvula de venteo: Dispositivo instalado en tanques de almacenamiento de combustible con el objetivo de liberar vapores generados en su interior. Los vapores salen a la atmósfera a través de la válvula de venteo reduciendo las presiones internas en el tanque producidas por aglomeración de vapor.

Vaciado relativo del Tanque: Se refiere a la relación entre la capacidad del tanque y la cantidad de producto despachado. Según la EPA (septiembre, 1997), se define de acuerdo a la siguiente expresión:

$$N = \frac{5.614Q}{Vlx}$$

Donde:

N= Número de vaciado relativos en el año, adimensional

Q= volumen despachado en el año, bbl/a

Vlx= Capacidad operativa del tanque, ft³

19 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- PITS, J.N., "Proceedings of the international conference of photochemical oxidant pollution and its control", EPA/ -600/3-77-001b, USEPA, National Environmental Research Laboratory, research triangle park, USA, NC, 1977, vol. II, pp.: 687-704.
- ALTSHULLER, A., "A review of photochemical aspects of Air Pollution", Environmental Resources Technology, USA, 1971, pp.: 39-64.
- DIMITRIADES, B., "Proceedings of the solvents reactivity conference", USEPA, National Environmental Research Center, research triangle park, USA, NC, 1974.
- World Health Organization, WHO, "Guidelines for air quality", OMS, 2000, pp.: 63-64.
- WHO, International Programme on chemical safety, "Environmental health Criteria 150, Benzene" Geneva, 1993.
- GOLDSTEIN I. and BLOCK G., "Asthma and air pollution in two inner city areas in New York City", JAPCA, 1974, pp.: 665-670.
- ALLEY, E, "Manual de control de la calidad del aire", Primera edición en español, McGraw-Hill, México, México Distrito Federal, 2001, pp.: 7.1-7.9.
- BROWN, G., "Unit operations", Wiley, New York, 1951, p.583.
- EEA, European Environmental Agency, "Joint EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook", Third Edition. Copenhagen: European Environment Agency, 2001'
- USEPA, Clean air act of 1990, public law 101-549, section 301.

- USEPA, “Definitions, Volatile Organic Compounds (VOC)”, 40CFR51.100(s). Ver también: test method 40CFR60, Appendix A, method 18.
- DE NEVERS, Noel, “Air pollution control engineering”, second edition, McGraw-Hill international editions, 2000, Singapore, pp.: 329-394, 541-542, 571-578.
- WARK Keneth, CECIL, Warner, WAYNE, David, “Air pollution, its origin and control”, third edition, Addison Wesley Longman Inc., United States of America, 1998, pp.: 38 – 42, 479-483.
- NAPCA, ”Air Quality Criteria for Hydrocarbons”, AP-64. Washington D.C.: HEW, 1970.
- CARTER, W., “Development of ozone reactivity scales for volatile organic compounds”, EPA/600/3-91-050, USEPA, Research triangle Park, USA, NC, 1991.
- COMITEE ON TROPOSPHERIC OZONE FORMATION AND MEASUREMENT, “Rethinking the ozone problem in urban and regional air pollution”, National Research Council, National Academy Press, USA, Washington D.C., 1992.
- CARTER, W. y ATKINSON, R., “Computer modeling study of incremental hydrocarbon reactivity”, Environment Sciences Techniques, USA, 1989, pp.: 864-880.
- FINLAYSON-PITTS B. and PITTS Jr., J., “Fundamentals on atmospheric chemistry: Fundamentals on environmental techniques”, USA, New York, 1986.

- CORPAIRE, “Metodología de evaluación de la calidad del inventario”, Julio del 2005
- Documento de resumen del Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 1998.
- KNAPP, Carlos, “Procesos para la reducción de emisiones gaseosas de compuestos organoclorados “, Instituto de Catálisis y Petroleoquímica, Madrid, España., 19/4/2004
- KAO, A., “Formation and Removal Reactions of Hazardous Air Pollutants.” J. Air & Waste Manage. Assoc., 1994, pp.: 683-696.
- MÜLLER, H., “Catalytic Purification of Waste Gases Containing Chlorinated Hydrocarbons with Precious Metal Catalysts.” Catal. Today, 1993, pp.: 383-390.
- Air Chief 11, Emission factor and inventory Group, USEPA:
 - Handbook for Air Toxics Emission Inventory Development
 - Volume I: Stationary Sources
- PARRA, René, “Desarrollo del modelo EMICAT2000 para la estimación de emisiones de contaminantes del aire en Cataluña y su uso en modelos de dispersión fotoquímica”, Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, mayo de 2004, Capítulo 5.
- American Petroleum Institute (API), “Manual of Petroleum Measurement”, First edition, April 1997, Chapter 19: Evaporative Loss Measurement, section 2: Evaporative loss from floating-roof tanks, API publications 2517 and 2519.

- USEPA, Air chief 12, AP-42, sections 5: *stage 2 Gasoline marketing and transportation emissions (1997)*, y 7: *Organic Liquid storage Tanks emissions (1997)*. 2005.
AP-42: Recopilación de Factores de Emisión de contaminantes atmosféricos, EPA
- U.S. Environmental Protection Agency, “Extrapolation of the Benzene Inhalation Unit Risk Estimate to the Oral Route of Exposure”, Washington DC, Noviembre 1999
- U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, Agency for Toxic substances and Disease Registry, Division of Health Education and Promotion, “Benzene toxicity”. Fecha de origen: Octubre 1992, fecha de expedición: Junio 30, 2003
- BOLAÑOS, Jorge, “Minimización de las pérdidas de vapores en el manipuleo de productos limpios en el Terminal Beaterio”, Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero en Petróleos, Escuela de Ingeniería de la Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2001.
- NOBOA, Gabriel, “Modelación de las pérdidas por evaporación de Gasolinas”, Proyecto previo a la obtención del título de IngenieroQuímico, Escuela de Ingeniería Química de la Universidad Central del Ecuador, Quito, 2000.
- HARARI, Homero, “Monitoreo Ambiental de BTX y correlación con efectos sobre la salud en poblaciones asentadas alrededor de una refinería de petróleo”, proyecto previo a la obtención del título de ingeniero Ambiental, Facultad de Ciencias Ambientales Universidad Internacional SEK, Quito Ecuador, 2005.
- COLLAZO, Javier, “Diccionario enciclopédico de términos técnicos”, primera edición, editorial McGraw-Hill, México, 2002

- Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (RAOHE), Decreto oficial No.1215 del 13 de febrero de 2001. Capítulo 10
- EEA (2001). *EMEP/CORINAIR Atmospheric Emissions Inventory Guidebook - 3rd edition*. UNECE/EMEP Task Force on Emission Inventory .Technical report N° 30.
- USEPA (2002). Speciate 3.0 software. Profile 1 203, ([http://www.epa.gov/Un/chief7emcri_speciation/.](http://www.epa.gov/Un/chief7emcri_speciation/))
- NTZIACHRISTOS, L and SAMARAS, Z, “COPERT III, Computer programme to calculate emissions from road transport, Methodology and Emission Factors (version 2.1)”. European Environmental Agency, technical report No 49.

Enlaces WEB

National Pollutant Inventory, Department of Environment and Heritage, Australian Government:

<http://www.npi.gov.au>

<http://www.npi.gov.au/about/technical-guidance.html#32>

Visitado: sábado, 18 de Junio de 2005

Estrucplan Online (Estrucplan Consultora S.A. Argentina):

<http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=764>

Visitado: sábado, 18 de Junio de 2005

[www.asuni.es/cadpipe/ galeria.asp?Ptograma=PIP](http://www.asuni.es/cadpipe/galeria.asp?Ptograma=PIP)

Visitado: Lunes 7 Julio 2005

http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/39/html/sec_9.html

Visitado: Lunes 7 Julio 2005

PETROCOMERCIAL, filial de Petroecuador:

<http://www.petrocomercial.com/xlsframe.asp?menu=quienes&pag=infraestructura&color=azul>

<http://www.petrocomercial.com/xlsframe.asp?menu=quienes&pag=infraestructura&color=azul>

Visitadas: 28 junio 2005

Cargo Transfer Systems:

www.cargotransfer.net/pages/products/adr01.php

Visitada : 30de junio 2005

The Hendrix Group, Corrosion & Materials Engineering

www.hghouston.com/float.html

Visitada : 30de junio 2005

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA), Technology Transfer Network:

TANKS.exe, TANKS.zip y TANKS.pdf

www.epa.gov/ttn/chief/software/tanks

Visitada: 25/01/05

WALSH, Michael, "CAR LINES", segunda edición, marzo 2000:

<http://www.walshcarlines.com/pdf/ns120002.pdf>

Visitada: 29/07/05

Christine Labelle, Science and Technology Division, Library of Canadian Parliament, "THE EFFECTS OF SMOG ON THE HEALTH OF CANADIANS", October 1998:

<http://www.parl.gc.ca/information/library/PRBpubs/prb984-e.htm#Tropospherictxt>

Visitada: 29/07/05

European Union Environmental, Transport and Health Policy and Regulation

<http://www.unece.org/doc/lc/lc.2000.2.annex4.e.pdf>

Visitada: 29/07/05

CONAMA, Comisión Nacional del medio ambiente, Chile

<http://www.conama.cl>

Visitada: 20/05/05

INE, Institución nacional de ecología, México

<http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/328/anexos.html>

Visitada: 3/07/05

Métodos para el Tratamiento de Incertidumbres:

(<http://www.aeat.co.uk/netcen/airqual/naei/ipcc/uncertainty/>)

Visitada: 10/07/05

Información Básica Sobre el Sistema Internacional de medidas (SI). Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN.

www.inen.gov.ec/web_sp/si/si.doc

Visitada: 23/08/05

Software utilizado

- Microsoft office 2003 (Ms Word, Ms Excel, Ms PowerPoint)
- Adobe Acrobat Reader 7.0
- Arc view 3.2
- WRPLOT
- TANKS(.exe)

20 ANEXOS

20.1 Hazardous Air pollutants (HAP's)

CAS	HAP
50000	Formaldehyde
51285	2,4-Dinitrophenol
51796	Ethyl carbamate (Urethane)
53963	2-Acetylaminofluorene
56235	Carbon tetrachloride
56382	Parathion
57147	1,1-Dimethyl hydrazine
57578	Beta-propiolactone
57749	Chlordane
58899	Lindane (all isomers)
59892	N-Nitrosomorpholine
60117	Dimethyl aminoazobenzene
60344	Methylhydrazine
60355	Acetamide
62533	Aniline
62737	Dichlorvos
62759	N-Nitrosodimethylamine
63252	Carbaryl
64675	Diethyl sulfate
67561	Methanol
67663	Chloroform
67721	Hexachloroethane
68122	Dimethyl formamide
71432	Benzene (including benzene from gasoline)
71556	Methyl chloroform (1,1,1-Trichloroethane)
72435	Methoxychlor
72559	DDE (1,1-dichloro-2,2-bis(p- chlorophenyl) (ethylene)
74839	Methyl bromide (Bromomethane)
74873	Methyl chloride (Chloromethane)
74884	Methyl iodide (Iodomethane)
75003	Ethyl Chloride (Chloroethane)

CAS	HAP
75014	Vinyl chloride
75058	Acetonitrile
75070	Acetaldehyde
75092	Methylene chloride (Dichloromethane)
75150	Carbon disulfide
75218	Ethylene oxide
75252	Bromoform
75343	Ethylidene dichloride (1,1-Dichloroethane)
75354	Vinylidene chloride (1,1-Dichloroethylene)
75445	Phosgene
75558	1,2-Propylenimine (2-Methylaziridine)
75569	Propylene oxide
76448	Heptachlor
77474	Hexachlorocyclopentadiene
77781	Dimethyl sulfate
78591	Isophorone
78875	Propylene dichloride (1,2-Dichloropropane)
78933	Methyl ethyl ketone (2-Butanone)
79005	1,1,2-Trichloroethane
79016	Trichloroethylene
79061	Acrylamide
79107	Acrylic acid
79118	Chloroacetic acid
79345	1,1,2,2-Tetrachloroethane
79447	Dimethyl carbamoyl chloride
79469	2-Nitropropane
80626	Methyl methacrylate
82688	Pentachloronitrobenzene (Quintobenzene)
84742	Dibutyl phthalate
85449	Phthalic anhydride
87683	Hexachlorobutadiene
87865	Pentachlorophenol
88062	2,4,6-Trichlorophenol

CAS	HAP
90040	o-Anisidine
91203	Naphthalene
91225	Quinoline
91941	3,3-Dichlorobenzidene
92524	Biphenyl
92671	4-Aminobiphenyl
92875	Benzidine
92933	4-Nitrobiphenyl
94757	2,4-D, (salts and esters)
95476	o-Xylenes
95487	o-Cresol
95534	o-Toluidine
95807	2,4-Toluene diamine
95954	2,4,5-Trichlorophenol
96093	Styrene oxide
96128	1,2-Dibromo-3-chloropropane
96457	Ethylene thiourea
98077	Benzotrichloride
98828	Cumene
98862	Acetophenone
98953	Nitrobenzene
100027	4-Nitrophenol
100414	Ethyl benzene
100425	Styrene
100447	Benzyl chloride
101144	4,4-Methylene bis(2-chloroaniline)
101688	Methylene diphenyl diisocyanate (MDI)
101779	4,4'-Methylenedianiline
106423	p-Xylenes
106445	p-Cresol
106467	1,4-Dichlorobenzene (p)
106503	p-Phenylenediamine
106514	Quinone

CAS	HAP
106887	1,2-Epoxybutane
106898	Epichlorohydrin (1-Chloro-2,3-epoxypropane)
106934	Ethylene dibromide (Dibromoethane)
106990	1,3-Butadiene
107028	Acrolein
107051	Allyl chloride
107062	Ethylene dichloride (1,2-Dichloroethane)
107131	Acrylonitrile
107211	Ethylene glycol
107302	Chloromethyl methyl ether
108054	Vinyl acetate
108101	Methyl isobutyl ketone (Hexone)
108316	Maleic anhydride
108383	m-Xylenes
108394	m-Cresol
108883	Toluene
108907	Chlorobenzene
108952	Phenol
110543	Hexane
111422	Diethanolamine
111444	Dichloroethyl ether (Bis[2-chloroethyl]ether)
114261	Propoxur (Baygon)
117817	Bis(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP)
118741	Hexachlorobenzene
119904	3,3-Dimethoxybenzidine
119937	3,3'-Dimethyl benzidine
120809	Catechol
120821	1,2,4-Trichlorobenzene
121142	2,4-Dinitrotoluene
121448	Triethylamine
121697	N,N-diethyl aniline (N,N-Dimethylaniline)
122667	1,2-Diphenylhydrazine
123319	Hydroquinone

CAS	HAP
123386	Propionaldehyde
123911	1,4-Dioxane (1,4-Diethyleneoxide)
126998	Chloroprene
127184	Tetrachloroethylene (Perchloroethylene)
131113	Dimethyl phthalate
132649	Dibenzofurans
133062	Captan
133904	Chloramben
140885	Ethyl acrylate
151564	Ethylene imine (Aziridine)
156627	Calcium cyanamide
302012	Hydrazine
334883	Diazomethane
463581	Carbonyl sulfide
510156	Chlorobenzilate
532274	2-Chloroacetophenone
534521	4,6-Dinitro-o-cresol and salts
540841	2,2,4-Trimethylpentane
542756	1,3-Dichloropropene
542881	Bis(chloromethyl) ether
584849	2,4-Toluene diisocyanate
593602	Vinyl bromide
624839	Methyl isocyanate
680319	Hexamethylphosphoramide
684935	N-Nitroso-N-methylurea
822060	Hexamethylene-1,6-diisocyanate
1120714	1,3-Propane sultone
1319773	Cresols/Cresylic acid (isomers and mixture)
1330207	Xylenes (isomers and mixture)
1332214	Asbestos
1336363	Polychlorinated biphenyls (Aroclors)
1582098	Trifluralin
1634044	Methyl tert-butyl ether

CAS	HAP
1746016	2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-Dioxin
7550450	Titanium tetrachloride
7647010	Hydrochloric acid
7664393	Hydrogen fluoride (Hydrofluoric acid)
7782505	Chlorine
7803512	Phosphine
8001352	Toxaphene (chlorinated camphene)

20.2 Despacho de combustibles de estaciones de servicio

20.3 Despachos Petrocomercial ES

20.4 Inventario Emisiones DMQ y su área de influencia

20.5 Emisiones Evaporativas Horarias en el DMQ y su área de influencia

20.6 Emisiones Evaporativas Mensuales en el DMQ y su área de influencia

20.7 Tablas de cálculo de emisiones evaporativas desde tanques de almacenamiento de combustibles, mediante modelo matemático y Programa TANKS.