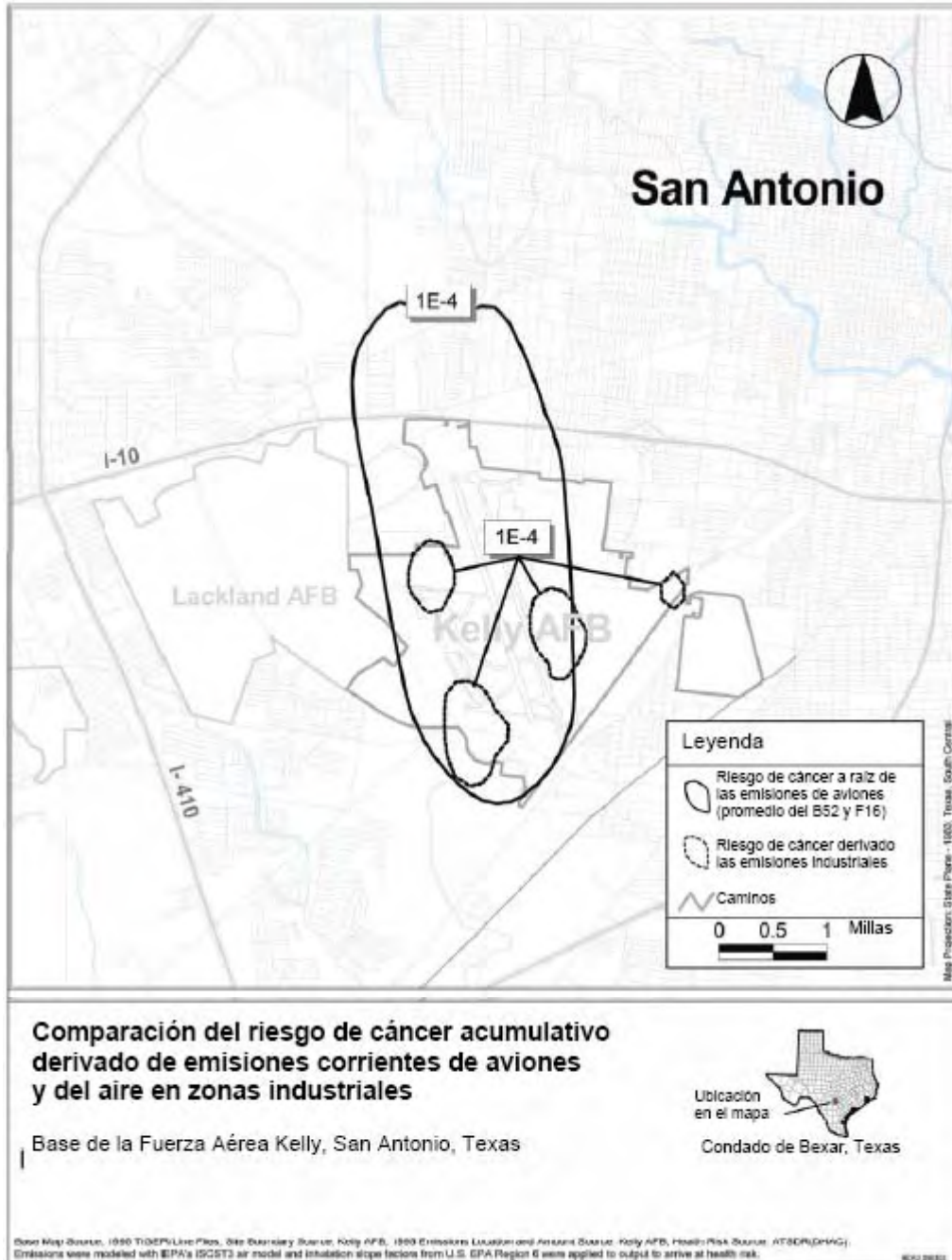


FIGURA B-8



## **Apéndice B. Anexos**

## Apéndice B, Anexo 1

### Tasas de emisión y ubicaciones de las emisiones atmosféricas estacionarias ocurridas en el pasado

Número de edificio	Coordenada longitudinal (metros)	Coordenada latitudinal (metros)	Tasa de emisiones (g/s)
<b>Benceno</b>			
BLDG_003	643403.44	4171958.25	3.716963E-04
BLDG_009	642750.25	4171896.25	7.666236E-04
BLDG_036	642130.06	4170109.0	1.215643E-08
BLDG_053	641198.88	4169204.75	4.706397E-05
BLDG_062	641198.88	4169204.75	2.416111E-05
BLDG_063	640863.15	4169672.55	2.013426E-05
BLDG_065	640544.69	4169687.13	4.108452E-03
BLDG_082	639870.56	4170894.0	5.808811E-05
BLDG_086	639651.5	4171084.25	1.013861E-05
BLDG_089	639689.0	4171134.75	1.977116E-06
BLDG_096	642721.25	4171791.25	1.678367E-05
BLDG_098	639679.5	4172361.5	7.544674E-08
BLDG_114	640029.56	4172104.5	1.990896E-05
BLDG_142	641055.81	4172696.5	2.519330E-05
BLDG_159	641769.35	4173519.08	2.643540E-07

Número de edificio	Coordenada longitudinal (metros)	Coordenada latitudinal (metros)	Tasa de emisiones (g/s)
<b>1,3-butadieno</b>			
BLDG_655	640544.69	4169687.13	1.580000E-02

Número de edificio	Coordenada longitudinal (metros)	Coordenada latitudinal (metros)	Tasa de emisiones (g/s)
<b>Cromo- Fuentes usadas en análisis de sensibilidad</b>			
BLDG_030	642041.27	4171147.04	2.241729E-04
BLDG_032	642461.19	4170806.06	1.807650E-04
BLDG_033	642293.13	4170746.0	8.631835E-07
BLDG_036	641652.64	4171415.92	4.574073E-04
BLDG_037	641799.0	4170576.0	2.100413E-04
BLDG_038	643401.38	4171946.25	2.100413E-04
BLDG_053	641198.88	4169204.75	4.791997E-06
BLDG_064	640479.69	4169650.75	2.877278E-05
BLDG_065	640544.69	4169687.13	6.252336E-04
BLDG_082	639870.56	4170894.0	3.740462E-05
BLDG_114	640029.56	4172104.5	1.086371E-05
BLDG_205	638908.31	4170765.0	2.913244E-05

Número de edificio	Coordenada longitudinal (metros)	Coordenada latitudinal (metros)	Tasa de emisiones (g/s)
<b>Benceno de etileno</b>			
BLDG_003	643403.438	4171958.250	1.0624e-04
BLDG_004	643516.438	4172127.500	3.9676e-05
BLDG_008	643160.375	4171753.250	3.4500e-06
BLDG_009	642750.250	4171896.250	2.1913e-04
BLDG_030	642039.062	4171204.250	1.7250e-06
BLDG_032	642529.188	4170732.000	7.3314e-05
BLDG_035	642120.062	4170665.000	6.9000e-06
BLDG_036	642130.062	4170109.000	1.9200e-07

BLDG_037	641799.000	4170576.000	2.9325e-05
BLDG_038	643401.375	4171946.250	2.9325e-05
BLDG_053	641200.875	4169207.750	1.3700e-06
BLDG_062	640798.750	4169691.750	8.0200e-07
BLDG_063	640866.750	4169669.750	8.0200e-07
BLDG_064	640479.688	4169650.750	1.7250e-06
BLDG_065	640542.688	4169685.750	5.1440e-06
BLDG_082	639870.562	4170894.000	3.7088e-05
BLDG_086	639651.500	4171084.250	2.8979e-06
BLDG_089	639690.500	4171132.250	1.1680e-10
BLDG_094	638908.312	4172108.500	8.6300e-07
BLDG_096	642721.250	4171791.250	4.7970e-06
BLDG_098	639694.500	4172342.500	4.3500e-07
BLDG_114	640029.562	4172104.500	7.0581e-10
BLDG_142	641055.812	4172696.500	7.0581e-10
BLDG_159	641624.000	4173499.750	7.0581e-10
BLDG_205	638908.312	4170765.000	3.4500e-06

Número de edificio	Coordenada longitudinal (metros)	Coordenada latitudinal (metros)	Tasa de emisiones (g/s)
<b>Metiltilcetona</b>			
BLDG_005	643305.375	4171849.250	2.7332e-03
BLDG_008	643160.375	4171753.250	5.1050e-02
BLDG_030	642185.594	4171098.625	8.9946e-02
BLDG_032	642529.188	4170732.000	8.6238e-01
BLDG_033	642133.062	4170778.000	6.6980e-04
BLDG_035	642120.062	4170665.000	2.4310e-03
BLDG_036	641786.000	4171156.200	4.7493e+00
BLDG_037	641799.000	4170576.000	1.2422e+00
BLDG_038	643401.375	4171946.250	8.1559e-01
BLDG_052	641148.344	4169358.750	2.1636e-01
BLDG_064	640468.355	4169635.083	4.7404e-02
BLDG_082	639898.562	4170929.333	5.4028e-01
BLDG_090	639360.407	4171818.750	1.0908e-01
BLDG_094	638908.312	4172108.500	1.0028e-02
BLDG_141	642695.250	4171616.250	3.6464e-03
BLDG_142	641066.812	4172716.500	1.8232e-02
BLDG_205	638908.312	4170765.000	1.9752e-02

Número de edificio	Coordenada longitudinal (metros)	Coordenada latitudinal (metros)	Tasa de emisiones (g/s)
<b>Cloruro de metileno</b>			
BLDG_032	642529.188	4170732.000	0.810127767
BLDG_033	642268.125	4170467.000	0.012274663
BLDG_035	642120.062	4170665.000	0.024549326
BLDG_036	641740.000	4171439.250	2.172615401
BLDG_037	641810.500	4170497.500	69.750773318
BLDG_038	643401.375	4171946.250	1.687766181
BLDG_062	640817.750	4169672.667	2.780635652
BLDG_063	640863.150	4169672.550	2.317196381
BLDG_064	640468.355	4169635.083	4.05063884
BLDG_082	639870.562	4170894.000	0.699655799
BLDG_142	641066.812	4172716.500	0.024549326
BLDG_005	643305.375	4171849.250	0.009974559
BLDG_030	642035.062	4171149.750	10.2891548
BLDG_032	642516.188	4170779.000	12.24327768
BLDG_036	641616.438	4171349.250	8.955193021
BLDG_037	641850.000	4170618.000	8.583610039
BLDG_062	640817.750	4169672.667	1.537964586
BLDG_063	640863.150	4169672.550	1.281637078

Número de edificio	Coordenada longitudinal (metros)	Coordenada latitudinal (metros)	Tasa de emisiones (g/s)
<b>Tetracloroetileno (PCE)</b>			
BLDG_005	643305.375	4171849.250	0.009974559
BLDG_030	642035.062	4171149.750	10.2891548
BLDG_032	642516.188	4170779.000	12.24327768
BLDG_036	641616.438	4171349.250	8.955193021
BLDG_037	641850.000	4170618.000	8.583610039
BLDG_062	640817.750	4169672.667	1.537964586
BLDG_063	640863.150	4169672.550	1.281637078
Número de edificio	Coordenada longitudinal (metros)	Coordenada latitudinal (metros)	Tasa de emisiones (g/s)
<b>Tolueno</b>			
BLDG_003	643403.438	4171958.250	0.0027391
BLDG_004	643516.438	4172127.500	0.0022311
BLDG_005	643305.375	4171849.250	0.00022168
BLDG_008	643160.375	4171753.250	0.00089195
BLDG_009	642750.250	4171896.250	0.0056494
BLDG_030	642185.594	4171098.625	0.003671
BLDG_032	642469.167	4170769.000	0.0082629
BLDG_033	642268.125	4170467.000	0.00055778
BLDG_035	642120.062	4170665.000	0.0017771
BLDG_036	641889.825	4170925.950	0.011377
BLDG_037	641799.000	4170576.000	0.011298
BLDG_038	643401.375	4171946.250	0.011117
BLDG_053	641198.875	4169204.750	6.2955E-5
BLDG_062	640817.750	4169672.667	7.2377E-5
BLDG_063	640863.150	4169672.550	6.0314E-5
BLDG_064	640468.355	4169635.083	0.005487
BLDG_065	640544.688	4169687.125	0.0054956
BLDG_082	639870.562	4170894.000	0.0058632
BLDG_086	639651.500	4171084.250	7.4713E-5
BLDG_089	639689.000	4171134.750	1.457E-5
BLDG_094	638908.312	4172108.500	0.0001816
BLDG_096	642721.250	4171791.250	0.00012368
BLDG_098	639679.500	4172361.500	4.2102E-6
BLDG_114	640029.562	4172104.500	2.6434E-5
BLDG_141	642695.250	4171616.250	2.5943E-5
BLDG_142	641061.312	4172706.500	0.00091206
BLDG_159	641769.354	4173519.083	6.3239E-6
BLDG_205	638908.312	4170765.000	0.00048643

Informe final. Cálculo de las emisiones atmosféricas históricas BFA Kelly, TX. EARTH TECH, Inc. San Antonio, TX. 27 de marzo de 2000.

## **Apéndice B, Anexo 2**

## Apéndice B, Anexo 2

### Departamento de la Fuerza Aérea

Instituto de la Fuerza Aérea para el Análisis de los Riesgos para la Higiene del Medio Ambiente, la Seguridad y la Salud Ocupacional (AFMC)  
BASE DE LA FUERZA AÉREA BROOKS, TEXAS

13 de febrero de 2001

Memorándum para AFBCA/BK  
Atención: Sr. Charles Williams

De: AFIERA/RSRE  
2513 Kennedy Circle  
Brooks AFB, TX 78235-5123

TEMA: Carta de consulta, IERA-RS-BR-CL-2001-0011, Disponibilidad de información sobre emisiones de combustible no quemado y neblina de aceite a raíz de despegues y aterrizajes de aviones.

1. La Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades (ATSDR) solicitó información disponible en relación con las emisiones durante el despegue y el aterrizaje de aviones. Esta información es necesaria para abordar las inquietudes sobre la salud pública de la comunidad y la ATSDR en relación con el combustible de aviones y la neblina de aceite. La pregunta específica presentada por el organismo fue si existían datos disponibles sobre emisiones de combustible no quemado o neblina de aceite durante despegues y aterrizajes que se hubiesen incluido en muestras o modelos.
2. Nos comunicamos con la Administración Federal de Aviación (FAA) y varias organizaciones parte de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos (USAF): Robert Holsclaw, FAA, Sección del Medio Ambiente, Mayor Jeanette Howard, Delegación de Calidad del Aire (AFIERA/RSEQ), Mayor Brian Blazicko (AFIERA/RSHI) y Carry Embree, Miembro del Grupo de Trabajo sobre Medio Ambiente y Propulsión (OC-ALC/LR). No hubo información disponible de estos grupos en relación con los análisis cuantitativos del combustible de aviones o la neblina de aceite (Wade, 2001). Tres estudios recientemente realizados describen cualitativamente la neblina de combustible y aceite, según se menciona en cuatro documentos: Massport International (1997), Hoffnagle et al. (1997), KM Chng Environmental Inc. (1997) y KM Chng Environmental Inc. (1999) (anexos 1-4). Estos estudios se iniciaron en respuesta a aseveraciones de los residentes y de funcionarios del gobierno que los aviones usados en los aeropuertos O'Hare y Logan depositaban hollín, partículas o películas de aceite sobre superficies en las comunidades próximas a estos aeropuertos. Hoffnagle et al. (1997), KM Chng (1997; 1999) y Massport International (1997) concluyen que las partículas depositadas que se monitorearon cerca de los aeropuertos guardaron escasa similitud con el combustible no quemado o el hollín del escape de los aviones de reacción.

Distribución: Aprobada la divulgación pública; distribución ilimitada.

3. La ATSDR nos solicitó específicamente que obtuviéramos información en relación con la exposición del personal de tierra a aerosoles de JP-8 no quemado durante las condiciones de arranque en frío de los motores. El Mayor Blazicko (2001) suministró la siguiente información sobre estas evaluaciones:
  - a. Las pruebas iniciales de la Delegación de Higiene Industrial del Instituto de la Fuerza Aérea para el Análisis de los Riesgos para la Higiene del Medio Ambiente, la Seguridad y la Salud Ocupacional (AFIERA/RSHI) determinaron que los métodos corrientes para el muestreo eran inadecuados para caracterizar adecuadamente la exposición debido a la naturaleza volátil del aerosol de JP-8.
  - b. Se estableció una iniciativa de investigación actual de AFIERA/RSHI con la Universidad de Carolina del Norte (Demostración del método de muestreo para aerosoles de JP-8; contrato F41622-97-C-0025) a fin de crear y emplear una metodología para evaluar concentraciones de JP8 en el ambiente derivadas de las emisiones de los aviones a temperaturas de 0°F e inferiores. El estudio de la UNC será concluido en el último trimestre de 2001. Se planea incorporar esta información a una evaluación del riesgo para la salud ocupacional de personal de tierra y no incluye información sobre despegues y aterrizajes.
4. Joe Franzello, de la Biblioteca Técnica de la Base de la Fuerza Aérea Brooks, nos ayudó a consultar varias bases de datos a fin de determinar la disponibilidad de información en relación con las emisiones de combustible no quemado y neblina de aceite de los aviones. Se emplearon las bases de datos y las palabras clave a continuación:

Base de datos	Palabras clave
FirstSearch	aviones y neblina de aceite aviones y combustible no quemado aviones y hollín y escape aviones y negro de humo
DialogTech	Aerosol o atómico o rocío o neblina y combustible o JP

No se encontró información cuantitativa en estas búsquedas (anexo 5).

5. Las evaluaciones de las exposiciones del personal de tierra tal vez no indiquen niveles de combustible no quemado o neblina de aceite pero podrían ayudar a la ATSDR a evaluar los modelos de emisión debido a la proximidad del personal de tierra al carreteo, despegue y aterrizaje de los aviones. Tres estudios analizaron las exposiciones del personal de tierra al escape de motores de los aviones F-15, KC-135 y C-130 (Johnston y Fritts, 1999a; Johnston y Fritts, 1999b y Johnston y Lazenby, 1999, anexos 6-8). Se recogieron muestras personales de los jefes del personal de tierra que tienen a su cargo la preparación de aviones para el lanzamiento y, después de la recuperación, realizan los procedimientos de verificación posterior a los vuelos. Los análisis incluyeron aldehídos, BTEX (benceno, tolueno, benceno



de etilo y xilenos), gases (monóxido de carbono, óxido nítrico, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre), combustible JP-8 (como naftas) e hidrocarburos aromáticos polinucleares (partículas y fracción del vapor). Varios análisis de aldehídos fueron cuantificables. Los otros resultados fueron inferiores a los niveles de detección respectivos.

6. Si usted tiene comentarios o preguntas, sírvase llamar al Sr. Jody Wireman al (210) 536-6123 o el Sr. Cornell Long al (210) 536-6121.

JODY R. WIREMAN  
Científico Ambiental  
Delegación de Ciencias del Medio Ambiente

Anexos:

1. Massport International, 1997 (2 copias)
2. Hoffnagle et al., 1997 (2 copias)
3. KM Chng Environmental Inc., 1997 (2 copias)
4. KM Chng Environmental Inc., 1999 (2 copias)
5. Resultados de la consulta bibliográfica (2 copias)
6. Johnston y Fritts, 1999a (2 copias)
7. Johnston y Fritts, 1999b (2 copias)
8. Johnston y Lazenby, 1999 (2 copias)
9. Bibliografía (2 copias)

## Anexo 9 – Bibliografía

- Blazicko, 2001. Blazicko B. Comunicaciones personales sobre el proyecto de investigación en relación con la exposición ocupacional por el arranque en frío de motores con JP-8. 31 de enero de 2001.
- DialogTech, 2001. DialogTech. <http://www.dialogselect.com/tech/> 22 de enero de 2001.
- FirstSearch, 2001. FirstSearch. <http://www.ocic.org/firstsearch/> 23 de enero de 2001.
- Hoffnagle et al., 1997. Hoffnagle GF, Cooper JA y Morris S. Soot Deposition Study: Logan Airport and Surrounding Communities. TRC Environmental Corporation, enero de 1997.
- Johnston and Fritts, 1999. Johnston DS and Fritts GD. Carta de consulta, IERA-RS-BR-CL. 1999-0008, Engine Exhaust Exposure of F-15 Crew Chiefs, Otis ANGB, MA. 12 de febrero de 1999.
- Johnston and Fritts, 1999. Johnston DS and Fritts GD. Carta de consulta, IERA-RS-BR-CL. 1999-0007, Engine Exhaust Exposure of KC-135 Crew Chiefs, Peuse ANGB, NH. 12 de febrero de 1999.
- Johnston and Lazenby, 1999. Johnston DS and Lazenby M. Carta de consulta, AL-OE-BR-CL. 1999-0011, Engine Exhaust Exposure of KC-135 Crew Chiefs, Otis ANGB, MA. 12 de febrero de 1999.
- KM Chng Environmental Inc., 1997. KM Chng Environmental Inc. Soot Deposition Study: Logan Airport and Surrounding Communities. Enero de 1997.
- KM Chng Environmental Inc., 1999. KM Chng Environmental Inc. Findings Regarding Source Contributions to Soot Deposition: O'Hare International Airport and Surrounding Communities. Diciembre de 1999.
- Massport International, 1997. Massport International. Summary of Two Logan Soot Studies. Enero de 1997.
- Wade, 2001. Wade M. Comunicaciones personales sobre el aceite de aeronaves y la neblina de aceite. AFIERA/RSEQ (Karta Technologies). 19 de enero de 2001.

## **Apéndice C. Exposición a combinaciones de sustancias químicas**

## **Exposición a combinaciones de sustancias químicas**

### **Comentarios generales sobre las combinaciones de sustancias químicas**

La investigación de sustancias químicas en el medio ambiente ha girado en torno principalmente a las pruebas de toxicidad y a los estudios relacionados con la mecánica de cada sustancia química. Esta investigación resultó en un mejor entendimiento de las interacciones de la exposición y la susceptibilidad. No obstante, la ATSDR reconoce que los seres humanos a menudo están expuestos a múltiples sustancias químicas. El conocimiento determinado por la exposición y la toxicidad de las sustancias químicas individuales suele ser un factor limitante en el proceso de evaluación de la salud humana. Si bien se han demostrado las interacciones entre algunas sustancias químicas a concentraciones altas, no se han establecido científicamente las interacciones a niveles ambientales bajos. El pronóstico de si las sustancias químicas actúan de manera potenciadora, aditiva, sinérgica, antagonista o independiente en las concentraciones en el medio ambiente o en el lugar de trabajo tiene limitaciones.

Las combinaciones de sustancias químicas se encuentran en todas partes: en el aire que respiramos, en los alimentos que ingerimos y en el agua que bebemos. Con la existencia de más de 80.000 sustancias químicas y 2,000 más que se agregan todos los años, las personas están expuestas a miles de sustancias químicas en combinaciones que varían todos los días en el hogar, el medio ambiente y el lugar de trabajo. Algunas de estas sustancias químicas tienen mecanismos de acción similares o afectan el mismo órgano o tejido, con lo cual cabe la posibilidad de que estas sustancias interactúen.

Las combinaciones de sustancias químicas contienen dos o tres sustancias químicas de tipo similar o las más complejas incluyen cientos de sustancias químicas de diferentes clases. Es posible que estas sustancias expresen niveles variados de toxicidad y modalidades de acción distintas. Los cambios en una sustancia química producidos por otra pueden modificar la toxicidad en relación con los valores pronosticados. Si bien en algunas instancias se describieron cambios en la toxicidad para las combinaciones simples, no se ha logrado comprender las interacciones de las combinaciones complejas.

El análisis individual del número infinito de las posibles combinaciones es prácticamente imposible. Incluso si se dejara de lado el costo, el número de animales necesarios para realizar pruebas de toxicidad estadísticamente pertinentes con dosis múltiples para períodos de exposición variados sería prohibitivo. Un experimento que investiga tres sustancias químicas en cinco niveles diferentes de dosis en solo un punto temporal después de la exposición, necesitará 125 grupos de tratamiento y 750 animales, si solo se incluyen seis animales en cada grupo de tratamiento. En consecuencia, es poco probable que se respondan las preguntas sobre combinaciones de sustancias químicas a través de la investigación tradicional en animales en el futuro próximo.

Las interacciones entre las sustancias químicas son potenciadoras, aditivas, sinérgicas, antagonistas; o tal vez no haya interacciones, con lo cual son independientes. La ATSDR evalúa el potencial de las combinaciones de sustancias químicas individualmente por sitio. La ATSDR supone que las sustancias químicas actúan independientemente si tienen diferentes modalidades de acción, pero de manera aditiva si las modalidades de acción son las mismas o los efectos se presentan en el mismo órgano, a menos de que exista

evidencia de interacción entre las sustancias químicas. Para los efectos no relacionados con el cáncer, la ATSDR supone que existe un umbral para los efectos en la salud. En el caso de los efectos cancerosos, la ATSDR considera que tal vez no exista un umbral para las sustancias químicas genotóxicas.

El enfoque de la ATSDR para la evaluación de la exposición a combinaciones de sustancias químicas comprendió lo siguiente:

- (1) La evaluación de las exposiciones acumulativas con un resumen de los riesgos individuales de cada carcinógeno ante la falta de evidencia convincente que respalde un modelo más aditivo o menos aditivo.

Este método de tratar los riesgos acumulativos ha sido sometido a una revisión de expertos realizada por terceros y se determinó que era apropiado y pertinente [55]. Según este modelo de respuesta a la adición, la respuesta pronosticada a la combinación sería simplemente aditiva. Este modelo supone que los contaminantes actúan independientemente. En el caso de las exposiciones ocurridas en el pasado al nivel máximo calculado por el modelado de dispersión atmosférica de la ATSDR, el riesgo acumulativo de las exposiciones a sustancias químicas individuales se considera un aumento *bajo* en el riesgo de contraer cáncer. Casi todo el riesgo calculado se debió a la exposición al 1,3-butadieno, al benceno y al formaldehído. Se calculó un riesgo acumulativo de 4E-04 mediante el resumen de los riesgos individuales (Tabla C-1). Los riesgos reales serían considerablemente menores que este cálculo debido a la naturaleza conservadora de la evaluación que emplea un escenario de emisiones en el peor de los casos y a la exposición continúa durante toda la vida al promedio de concentraciones anuales máximas, y se supone la toxicidad aditiva.

- (2) Evaluación de la evidencia para detectar las posibles interacciones entre los contaminantes.

La ATSDR investigó varios enfoques para evaluar la interacción y concluyó que la información científica era insuficiente para comparar la combinación de sustancias químicas como una mezcla completa, una mezcla similar o una mezcla de componentes. La evidencia epidemiológica de interacciones que involucra al 1,3-butadieno y al benceno no es concluyente, aunque la evidencia más reciente parece indicar acción independiente [56]. No se encontró evidencia de interacción entre el formaldehído y el benceno o el 1,3-butadieno y parece que el formaldehído provoca efectos tóxicos mediante una modalidad de acción diferente.

En la evaluación de las emisiones atmosféricas para detectar las posibles interacciones de las combinaciones de sustancias químicas, la ATSDR consideró los posibles efectos de la exposición simultánea al benceno y al 1,3-butadieno. La selección de estas sustancias químicas se basó en que:

- representaban el riesgo calculado más alto, teniendo en cuenta la cantidad y la toxicidad,
- incluían los mismos órganos (médula ósea) como objeto de los efectos carcinogénicos, y

- las investigaciones epidemiológicas de los trabajadores han notificado confusas exposiciones a combinaciones de sustancias químicas.

No se han estudiado las posibles interacciones entre el benceno y 1,3-butadieno. La exposición ocupacional a niveles altos de benceno o 1,3-butadieno se ha relacionado con la aparición de la leucemia [57–59]. El metabolismo del benceno y 1,3-butadieno parece ser similar en los animales de laboratorio, dado que ambas sustancias químicas son metabolizadas principalmente en el hígado por la familia P450 de enzimas (principalmente por la isozima P450 2E1 en estas concentraciones) [60–63]. Al igual que el benceno, el 1,3-butadieno se metaboliza a metabolitos reactivos, pero se desconoce el mecanismo preciso [64]. La evidencia indica que los mismos metabolitos detectados en los animales de laboratorio se formarán en los seres humanos, si bien las tasas pueden ser diferentes [65]. Aún no se han determinado los metabolitos que producen cáncer. Las diferencias en los niveles de concentración medidos en ratas y ratones no explican las diferencias en el cáncer en estas especies. Los tres metabolitos son mutagénicos *in vivo* e *in vitro*. En base a la evidencia general originada en las investigaciones en seres humanos, en animales y sobre la mutagenicidad, la EPA concluye que el 1,3-butadieno es un conocido carcinógeno para los seres humanos [29].

El benceno es un conocido carcinógeno en los seres humanos mientras que el 1,3-butadieno claramente revela carcinogenicidad en animales y la evidencia más reciente parece indicar el potencial más sólido de carcinogenicidad en las personas [56]. Si bien se sabe que la exposición en el lugar de trabajo a concentraciones altas de benceno aumenta el riesgo de contraer la leucemia no linfocítica, se han asociado las dosis altas de 1,3-butadieno con cáncer en sitios múltiples en animales de laboratorio, entre ellos el cáncer hematopoyético como la leucemia linfocítica [66]. Los estudios epidemiológicos parecen indicar que la exposición simultánea al 1,3-butadieno, al estireno y al benceno puede estar asociada con la leucemia; mientras que la exposición al 1,3-butadieno exclusivamente puede estar asociada con linfosarcomas [29]. La evidencia de una asociación con dosis altas de 1,3-butadieno y la leucemia en los estudios ocupacionales a menudo se confunde con la exposición simultánea a otras sustancias químicas. La evidencia más contundente de la carcinogenicidad del 1,3-butadieno en los seres humanos se ha presentado durante la exposición simultánea al estireno y al benceno [56].

Los estudios ocupacionales se evalúan en cuanto a la relevancia del efecto y la combinación de sustancias químicas. La relevancia se determina al evaluar la temporalidad, la potencia de la asociación, la consistencia, la especificidad, la respuesta a la dosis y la credibilidad biológica. Se determinó que el estudio reciente de la Universidad de Alabama-Birmingham (UAB) es especialmente pertinente en cuanto a las exposiciones al 1,3-butadieno, al estireno y al benceno [56]. El estudio de la UAB investigó las exposiciones al estireno y al benceno así como al 1,3-butadieno y concluyó que las asociaciones observadas de la leucemia con la exposición al 1,3-butadieno no se debieron a confusas exposiciones a las otras sustancias químicas. Los autores concluyen que las exposiciones a 1,3-butadieno solamente se relacionaron con la mortalidad por leucemia. El análisis de la respuesta a la dosis generada por los autores fue utilizado por la ATSDR para comparar las exposiciones potenciales en torno a la Base Aérea Kelly. La ATSDR comparó el período de exposición potencial más alto en la Base Aérea Kelly (antes de 1970) a la respuesta de la dosis del estudio de la UAB.

El posible período de exposición más alta al benceno y al 1,3-butadieno en Kelly habría ocurrido antes de 1970 según lo establecido en la información sobre operaciones, el tipo de combustible que consumen los aviones y el modelo de dispersión atmosférica para las emisiones calculadas. Se calcula que los niveles de 1,3-butadieno en la comunidad fueron de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (9 partes por billón [ppb]). La mayoría de las viviendas en las comunidades comenzó a construirse en la década de 1950, lo cual sería equivalente a una dosis acumulativa máxima de 180 ppb-años, si se supone una exposición de 20 años (1950–1970). Las exposiciones posteriores serían significativamente inferiores en comparación con el período de tiempo previo a 1970 porque las operaciones fueron considerablemente menores (82,000 despegues y aterrizajes/año en comparación con 330,000/año. Véase el Apéndice B). Las exposiciones posteriores a 1970 produjeron una dosis de exposición acumulativa de 54 ppb-años para el período 1970-1994. La Base Aérea Kelly cambió el combustible de aviones JP-4 por el JP-8 en 1994. El combustible JP-4 contenía una concentración de benceno 100 veces superior, como mínimo, al combustible JP-8 [3].

En la cohorte de la UAB, la exposición acumulativa media al 1,3-butadieno, al estireno y al benceno fue de 11,200, 7,400 y 2,900 ppb-años, respectivamente. Entre las personas en la etapa terminal de la leucemia, la exposición acumulativa media al 1,3-butadieno fue de 36,400 ppb-años, 200 veces mayor que la exposición máxima media anual calculada en la Base Aérea Kelly (180 ppb-años). La cohorte de la UAB consistió de trabajadores, en general considerados el segmento más sano de la población general.

El benceno es un carcinógeno humano conocido y la médula ósea es el órgano principal que ataca. Las exposiciones a concentraciones altas de esta sustancia se han relacionado con la aparición de la leucemia, especialmente la leucemia no linfocítica aguda (LNLA). Se considera que los niveles superiores a 40 ppm-años aumentan el riesgo de contraer leucemia en las exposiciones en el lugar de trabajo [27]. La exposición ocupacional (8 horas/día, 5 días/semana, 50 semanas/año) al benceno con 40 ppm-años sería equivalente desde el punto de vista matemático a una exposición en el medio ambiente durante toda la vida (76 años) de 120 ppb ( $384 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). La exposición calculada de la comunidad a niveles en el pasado de benceno de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  durante 20 años es equivalente a una exposición durante toda la vida a  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ó 64 veces inferior al nivel más bajo en cuestión notificado en estudios epidemiológicos de exposiciones ocupacionales. La exposición calculada de la comunidad fue también cinco veces inferior al nivel que la ATSDR considera que no constituye un peligro aparente para la salud ( $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) [54].

Los estudios ocupacionales han notificado una asociación entre la exposición al benceno o al 1,3-butadieno y la mortalidad por leucemia en los trabajadores. No se esperaría que la exposición a los niveles de benceno y 1,3-butadieno calculados con datos limitados y con el modelado de dispersión atmosférica que hubiera estado presente en la comunidad antes de 1970 resultara en mortalidad por leucemia en las personas sanas. Los miembros susceptibles de la comunidad tal vez corran un riesgo mayor de contraer perturbaciones hematopoyéticas que los trabajadores debido a lo siguiente:

- *Estos estudios ocupacionales se realizaron en trabajadores con exposiciones diarias de 8 horas que fallecieron por leucemia. Los efectos potenciales en la salud que podrían tener estos mismos niveles en los miembros más susceptibles*

*de la población general, expuestos ininterrumpidamente a concentraciones más bajas, son inciertos.*

- *Estos estudios ocupacionales no identifican los tipos de exposiciones que podrían haber producido una enfermedad, dado que algunas personas podrían estar expuestas a concentraciones más altas durante períodos más breves de tiempo que otras.*
- *Estos estudios ocupacionales notificaron mortalidad (muertes) a raíz de la leucemia. Se desconoce si otros trabajadores contrajeron enfermedad o si su calidad de vida disminuyó a raíz de la exposición.*
- *No se han realizado estudios científicos sobre los efectos potenciales para la salud a raíz de la exposición a una combinación de sustancias químicas de 1,3-butadieno y benceno.*

Si bien se han detectado riesgos incrementados de leucemia en profesionales médicos y en otros profesionales expuestos al formaldehído, los estudios en los trabajadores industriales, cuyas exposiciones se consideran más altas, han revelado relaciones contradictorias [21, 22]. Algunos científicos han concluido que existe una probabilidad reducida de que el formaldehído pueda inducir la toxicidad en sitios distantes del sistema respiratorio [67].

## **Resumen**

### ***Los niveles estimados de exposiciones atmosféricas en el pasado al benceno, al 1,3-butadieno y al formaldehído:***

- son superiores a algunos valores de comparación que son niveles que la ATSDR considera “inocuos”, incluso en las poblaciones más sensibles. Los valores que están por encima de un valor de comparación *no* implican la posibilidad de efectos en la salud, pero sí que se justifica realizar investigaciones adicionales.
- son inferiores a los niveles relacionados con la mortalidad de los trabajadores por leucemia.

### ***Los riesgos acumulativos calculados para las exposiciones atmosféricas en el pasado al benceno, al 1,3-butadieno y al formaldehído:***

- se basan en la suma de los cálculos de los riesgos de contaminantes individuales dado que no se han demostrado las interacciones [56].
- resulta en un aumento bajo calculado en el riesgo de contraer cáncer.

### ***La evidencia epidemiológica indica que:***

- la exposición a niveles altos de benceno o 1,3-butadieno se relaciona con mortalidad por leucemia en los trabajadores, pero a niveles muy superiores a los cálculos de las exposiciones ocurridas en el pasado de cualquiera de los dos contaminantes en la Base Aérea Kelly.
- la exposición a niveles altos de formaldehído se ha relacionado con leucemia en los profesionales médicos y embalsamadores; sin embargo, los resultados de la exposición en los trabajadores industriales no han sido consistentes.



**La ATSDR concluye que se justifica investigación adicional porque:**

La comunidad estuvo expuesta a sustancias químicas que se han relacionado con el cáncer en los trabajadores.

12. La confianza en la representatividad y la exhaustividad de los datos es muy baja porque la mayor parte de los datos analíticos y de muestreo suministrados por la Base Aérea Kelly se recopilaron antes de que los organismos reglamentarios comenzaran a revisar los datos. Los escenarios de exposición son inciertos también.
13. Los datos sobre las consecuencias en la salud indican que una consecuencia en la salud biológicamente verosímil, la leucemia, fue elevada (es decir, significativa desde el punto de vista estadístico) entre 1990 y 1994 en tres códigos postales, dos de los cuales se encontraban en la dirección predominante del viento y el tercero comprendía las viviendas militares fuera de la base.
14. Se desconocen los posibles efectos acumulativos de las combinaciones de sustancias químicas como el 1,3-butadieno y el benceno.

**Tabla C-1. Riesgos acumulativos de cáncer calculados a raíz de la exposición al benceno, al 1,3-butadieno y al formaldehído por emisiones atmosféricas en el pasado de fuentes estacionarias y aviones.**

<i>Sustancia química</i>	<i>Escenario</i>	<i>Riesgo calculado de cáncer<sup>d</sup></i>
1,3-butadieno	B52 - Datos de estudios realizados en seres humanos <sup>a</sup>	4E-5
benceno	B52 - Datos de estudios realizados en seres humanos <sup>b</sup>	7E-05
formaldehído	B52 - datos de estudios realizados en animales <sup>c</sup>	3E-04
Riesgo acumulativo total calculado 4E-04		

a. Factor de la pendiente del cáncer ( $4,3E-6/\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) derivado de datos obtenidos en seres humanos [Proyecto de revisión externa - Evaluación del riesgo en la salud pública del 1,3-butadieno. US EPA. NCEA-W-0267. Enero de 1998. National Center for Environmental Assessment. Office of Research and Development. Washington, DC.]

b. Factor de la pendiente del cáncer ( $7/\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) derivado de datos obtenidos en seres humanos [IRIS].

c. Factor de la pendiente del cáncer ( $0,000013/\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) originado en datos obtenidos en animales [IRIS]. No se cuenta con datos derivados de estudios realizados en seres humanos.

d. Todos los cálculos de riesgos se basan en exposiciones ininterrumpidas durante 20 años antes de 1973 y desde 1973 hasta 1994 a concentraciones calculadas medias anuales máximas durante cada período. Se supuso que el nivel de operaciones era de 336,000 antes de 1973 y 112,000 desde 1973 a 1994. Se resumen los riesgos para ambos períodos.

**Apéndice D. Respuesta a los comentarios de la evaluación de expertos  
realizada por terceros**

## **Respuesta a los comentarios de la evaluación de expertos realizada por terceros**

### **1. ¿Describe la consulta de salud pública adecuadamente la naturaleza y el grado de la contaminación?**

#### Examinador 1

**Comentario:** La consulta describe la contaminación tan bien como podría esperarse. Sin lugar a dudas, todos desearíamos tener mejores datos. Sin embargo, a la luz de las circunstancias generales, la consulta realiza un trabajo excelente.

**Respuesta:** No se necesita respuesta.

#### Examinador 2

**Comentario:** En *Antecedentes*, los autores explicaron la importancia de las emisiones atmosféricas ocurridas en el pasado y consideraron las contaminaciones en esta consulta. Del mismo modo, en las páginas 9 y 10 describieron los contaminantes de las emisiones industriales y de aviones. En el apéndice B se explican en mayor profundidad las características, las emisiones y los efectos adversos para la salud conocidos de esos contaminantes. Este documento describe adecuadamente la naturaleza y el posible grado de contaminación ocurrido en el pasado por actividades en la Base Aérea Kelly.

**Respuesta:** No se necesita respuesta.

#### Examinador 3

**Comentario:** Se necesita incluir en el texto más descripción, como criterios o niveles estándares. Sería conveniente también que se mencionaran los resultados de los datos medidos. Se podría ampliar el análisis de las repercusiones.

**Respuesta:** La audiencia a la que se dirige este documento es la comunidad. Con el fin de no restar importancia al mensaje que se desea comunicar en el texto, la ATSDR incluyó la mayor cantidad de detalles en los apéndices.

### **2. ¿Describe la consulta de salud pública adecuadamente la existencia de vías potenciales de exposición humana?**

#### Examinador 1

**Comentario:** Al igual que en la pregunta anterior, las vías de exposición humana están cargadas de incertidumbre en esta evaluación específica. No obstante, la consulta describe de manera excelente las preocupaciones principales en relación con las vías potenciales.

**Respuesta:** No se necesita respuesta.

#### Examinador 2

**Comentario:** Los autores describieron los posibles elementos de la vía de exposición en la Tabla 1, en la cual sólo se describen las exposiciones atmosféricas

directas. Dado que las sustancias químicas tóxicas y los carbonos orgánicos (tanto gaseosos como particulados) pueden adherirse a las partículas transportadas en el aire y se acumulan allí, las partículas depositadas o suspendidas nuevamente actúan como un vector transportado por el aire para estos compuestos. Esto representa una exposición potencial para las personas que viven en la dirección predominante del viento. Si bien esta exposición indirecta parece ir más allá del alcance de la presente consulta, merece mencionarse en el documento.

**Respuesta:** La ATSDR está de acuerdo en que las partículas depositadas y suspendidas nuevamente representan una vía objeto de preocupación. La ATSDR decidió abordar de manera conservadora la preocupación atribuida a la posible vía de exposición al suponer que la exposición por inhalación representaba el 100% de la exposición a las emisiones atmosféricas, sin reducir la exposición para incorporar el depósito. La exposición directa por el 100% de inhalación sería una exposición mayor que una parte de la exposición atribuida a la inhalación y otra parte de la exposición atribuida a las sustancias químicas depositadas.

#### Examinador 3

**Comentario:** Se podría ampliar el análisis de las vías potenciales. Las fuentes están bien definidas, pero no se aborda directamente la exposición.

**Respuesta:** Este documento es uno de varios documentos preparados para evaluar las exposiciones en el medio ambiente en la Base Aérea Kelly. Las vías potenciales se trataron en el documento Fase I. Este documento se centró en las emisiones atmosféricas ocurridas en el pasado.

### **3. ¿Se están utilizando adecuadamente todos los datos ambientales y toxicológicos pertinentes (es decir, identificación de riesgos, evaluación de la exposición)?**

#### Examinador 1

**Comentario:** No tengo conocimiento sobre todas las fuentes potenciales de datos ambientales para esta consulta específica. No obstante, parece ser una compilación aceptable de datos (si bien es cierto que tiene una historia muy incierta) y los datos parecen respaldar conclusiones razonables.

Más específicamente, cuando las suposiciones conservadoras sobre los datos llevan a la conclusión “sin riesgo significativo”, los datos se están empleando de manera apropiada. Se trata de un enfoque exploratorio clásico que es “lo suficientemente bueno” para responder la mayoría de las preguntas formuladas.

**Respuesta:** No se necesita respuesta.

#### Examinador 2

**Comentario:** Los autores utilizaron datos sobre emisiones industriales, datos específicos sobre las emisiones de aviones e información detallada sobre la operación de los aviones que suministró la Base Aérea Kelly (Apéndice B). No hubo datos disponibles sobre la emisión de cromo hexavalente, ni información sobre la neblina de combustible de aviones ni datos sobre las emisiones durante incineraciones. Las concentraciones calculadas en el modelo se compararon con datos sobre enfermedades crónicas no relacionadas con el cáncer de la ATSDR,

datos sobre la exposición de los trabajadores, datos comparativos sobre el cáncer de la ATSDR y datos calculados sobre el riesgo de cáncer. En las páginas 7 y 8, los autores explicaron claramente su selección de contaminantes. Los datos ambientales y toxicológicos se utilizaron adecuadamente para la consulta.

**Respuesta:** No se necesita respuesta.

Examinador 3

**Comentario:** Sí, se ha hecho esto, pero podrían agregarse detalles.

**Respuesta:** La audiencia a la que se dirige este documento es la comunidad. El nivel de detalles ofrecidos se considera apropiado.

**4. ¿Comunica la consulta de salud pública de manera precisa y clara la amenaza que representa el sitio para la salud?**

Examinador 1

**Comentario:** El trabajo realizado en esta área en la consulta es bueno. Sin embargo, la ATSDR debe prepararse para responder las siguientes preguntas.

¿Calcularon los otros grupos los riesgos en la Base Aérea Kelly? En tal caso, ¿en qué se diferencian de este informe?

¿Se han calculado los riesgos en otras bases de la Fuerza Aérea? En tal caso, ¿en qué se diferencian de este informe?

**Respuesta:** Por medio de los programas RCRA y *Superfund*, la Base Aérea Kelly ha concluido evaluaciones de riesgos en unidades operativas individuales y en unidades para el manejo de residuos sólidos. No obstante, estas evaluaciones de riesgos no cubren las emisiones atmosféricas ocurridas en el pasado.

En respuesta a nuestro informe, el programa *U.S. Army Center for Health Promotion and Preventive Medicine Environmental Health Risk Assessment Program* o CHPPM (en español, Programa de Evaluación de Riesgos para la Salud del Centro para la Promoción de la Salud y la Medicina Preventiva del Ejército de los Estados Unidos) realizó un modelo de las emisiones de aviones ocurridas en el pasado, para lo cual utilizó el modelo EDMS de la Administración Federal de Aviación [49]. La ATSDR ha recibido recientemente un anteproyecto del documento. El informe incorpora las concentraciones modeladas de las emisiones de aviones en el aire ambiental, pero no incluye cálculos del riesgo de cáncer. Las concentraciones atmosféricas pronosticadas por CHPPM provenientes de las emisiones de los B52 están en la gama del 10% de las predicciones de la ATSDR. Se utilizó el B52 como el peor caso (el mayor emisor) a fin de determinar si eran necesarias evaluaciones adicionales.

El programa CHPPM también pronosticó las concentraciones atmosféricas de una flota de aviones “más realista” que no estaba al alcance de la ATSDR cuando se inició el trabajo relacionado con este informe. Los resultados de este escenario y sus suposiciones requieren evaluación adicional.

La ATSDR considerará los resultados del informe final del programa CHPPM.

La ATSDR no tiene información sobre ninguna otra estimación de riesgos originados en emisiones atmosféricas ocurridas en el pasado en otras bases de la Fuerza Aérea.

Examinador 2

**Comentario:** El examinador no puede juzgar la precisión pero, en el Apéndice C, los autores describieron y consideraron claramente la posible amenaza para la salud que representa la Base Aérea Kelly. Del mismo modo, presentaron información sobre las poblaciones potencialmente susceptibles (página 13).

**Respuesta:** No se necesita respuesta.

Examinador 3

**Comentario:** La amenaza se describe de manera precisa, pero se necesita texto adicional a fin de comunicarla claramente. Los detalles deben incluirse no solo en las tablas sino que deben analizarse.

**Respuesta:** La ATSDR también suministra hojas informativas con presentaciones o sesiones sobre disponibilidad a fin de comunicar claramente mensajes y proveer educación sobre la salud.

**5. ¿Son apropiadas las conclusiones y recomendaciones en vista de las condiciones del sitio según se describe en la consulta de salud pública?**

Examinador 1

**Comentario:** Sí, en general parecen razonables. No obstante, véase la pregunta N° 7 con comentarios adicionales sobre este tema.

**Respuesta:** No se necesita respuesta.

Examinador 2

**Comentario:** Las conclusiones de los autores sobre las contaminaciones individuales provenientes de fuentes estacionarias y de aviones son apropiadas. Sus recomendaciones en cuanto a estudios adicionales sobre resultados elevados de casos de leucemia y exposición en la base son pertinentes.

**Respuesta:** No se necesita respuesta.

Examinador 3

**Comentario:** Sí, estoy de acuerdo con las recomendaciones y conclusiones.

**Respuesta:** No se necesita respuesta.

**6. A la luz de la información disponible, ¿son adecuados los métodos utilizados para determinar la gama de concentraciones históricas en el aire ambiental originadas en las emisiones de los aviones?**

### Examinador 1

**Comentario:** Son adecuados dada la incertidumbre fundamental de los datos. No obstante, podría ser útil que el lector viera un resumen de todas las suposiciones que contribuyen a que el ISCST sea un modelo conservador para esta consulta. Las suposiciones y la naturaleza conservadora de este modelo serán importantes en la interpretación de los resultados.

**Respuesta:** Las suposiciones y la metodología del modelo ISC se presentan en el análisis de las emisiones de aviones, que se hace en 7 a 8 páginas de texto. En la Tabla A-1 se agregó un resumen breve de estas suposiciones.

### Examinador 2

**Comentario:** Todos los datos disponibles y la información sobre las operaciones se utilizaron en esta consulta para calcular las concentraciones en la dirección del viento. Los modelos disponibles que pronostican el movimiento de contaminantes en el aire se emplearon correctamente.

Si bien los autores mencionaron el modelo ISCST para el cálculo de las emisiones de aviones, no aclararon qué modelo usaron para las emisiones estacionarias. A partir de la referencia (Rodgers et al., J.Exp.Anal. Env. Epi. 9, 535, 1999), el examinador supone que se usó el modelo de dispersión gaussiano simple. Estos modelos de penachos estables (modelo gaussiano y modelo ISCST) presentan una suposición simplificadora importante, es decir, que no hay variación vertical ni en la velocidad del viento ni en la intensidad de la turbulencia. Sólo consideran la desviación estándar de la distribución gaussiana como parámetros de dispersión. Esta desventaja a menudo resulta en sobreestimaciones de las concentraciones de los contaminantes gaseosos o particulados (Winges, K.D. USEPA/910/988/202/R, 1990; Kim, E. and Larson, T.V. Atmospheric Environment 35, 3509-3519). Puede ser uno de los posibles motivos de las altas concentraciones calculadas en las Tablas B-1 y B-8. El examinador opina que las Figuras B2 y B3 son idénticas así como las Figuras B4 y B5, si bien las emisiones son diferentes entre el butadieno y el benceno. Se necesita cierta aclaración.

**Respuesta:** El modelo ISCST3 se usó también para las fuentes estacionarias. Se modificó el Apéndice B con el propósito de incluir esta información. El modelo ISCST3 usa una distribución gaussiana y los parámetros de dispersión de Pasquill-Gifford. El modelo ISC incorpora una variación de la velocidad del viento (EPA 1995; EPA-454/B-95-003a en <http://www.epa.gov/scram001/tt22.htm#isc>) con peso. El Modelo de polvos fugitivos (FDM, por sus siglas en inglés) descrito por Wings (1990) no la incluye. Según lo indica el examinador, ni ISC ni FDM varían la velocidad de asentamiento de las partículas con la altura. Para efectos del modelado, la ATSDR consideró que todas las emisiones eran gaseosas. La ATSDR reconoce la incertidumbre de esta suposición, pero presenta un escenario en el peor de los casos, es decir, un escenario de concentración de la exposición más alta para el modelado de metales y sustancias orgánicas.

La ATSDR reconoce también la incertidumbre inherente en el modelo ISCST3. Con el modelo gaussiano del penacho, Rodgers et al. (J. Exp. Anal. Env. Epi. 9,

535, 1999) identifican una incertidumbre de casi un factor de 2 en terreno llano (es decir, gama de concentraciones modelada de ½ a 2 veces los valores reales). Esta gama de incertidumbre es pertinente en este caso porque el terreno en la Base Aérea Kelly es llano. Se modificó la sección titulada “¿Cómo evaluó la ATSDR las emisiones ocurridas en el pasado en la Base Aérea Kelly?” y el Apéndice B a fin de incorporar esta descripción de incertidumbre.

Sabemos que las Figuras B2 y B3 (concentraciones atmosféricas pronosticadas de butadieno y benceno originadas en las emisiones de los B52) y las Figuras B4 y B5 (concentraciones atmosféricas pronosticadas de butadieno y benceno originadas en las emisiones de los F16) parecen ser las mismas. Esto ocurrió porque las tasas de emisiones del 1,3-butadieno y el benceno son similares para la modalidad de operación significativa. Para los B52, las modalidades que contribuyen al riesgo predominante son puesta en marcha, apagado de motores y rodaje. El ajuste de motores durante estas modalidades es marcha en vacío. El total de emisiones del avión mientras emplea un ajuste de motor en marcha en vacío es de 2544 g/avión benceno y 2534 g/avión butadieno.

Para los F16, la modalidad que contribuye al riesgo predominante es la revisión de motores y el despegue, según lo revelan las concentraciones más altas en los extremos de la pista. Las emisiones debidas a la revisión de motores son 204 g/avión benceno y 173 g/avión butadieno. Las emisiones durante el despegue son 305 g/avión benceno y 322 g/avión butadieno.

#### Examinador 3

**Comentario:** Pareciera ser así, pero se necesita información más detallada y mejor organización de los datos presentados.

**Respuesta:** La audiencia a la que se dirige este documento es la comunidad. El nivel de detalles ofrecidos se considera apropiado.

**7. La ATSDR identifica una gama para las estimaciones de los riesgos (identificados en la Tabla B-8) en relación con exposiciones potenciales ocurridas en el pasado al benceno y al butadieno mediante la utilización del avión B52 como el escenario de emisiones en el peor de los casos y el avión F16 como el escenario de emisiones en el mejor de los casos. Desde la perspectiva de la salud pública y si se tiene en cuenta el factor de incertidumbre, ¿cambiarían las conclusiones y recomendaciones si se modelaran individualmente las emisiones de cada avión (más de 50 tipos de aviones diferentes)?**

#### Examinador 1

**Comentario:** No es necesario considerar datos adicionales cuando el escenario en el peor de los casos lleva a la conclusión de que la preocupación de salud pública es “improbable”. Las exposiciones más bajas llevarían a la misma conclusión y las



suposiciones sobre el mejor y el peor de los casos parecen muy razonables. Éste es el mejor análisis de la evaluación exploratoria.

La conclusión más sugestiva, N° 3 en la página 14, es que las exposiciones “podrían haber resultado en un riesgo incrementado de contraer cáncer”. Dadas las incertidumbres a lo largo de esta consulta (no solo con el modelado ISCST), tal vez sea más preciso decir que “los datos no son concluyentes con respecto a los riesgos de cáncer y se necesita seguimiento”. Ambas afirmaciones podrían ser correctas, pero la selección de una de las afirmaciones es una decisión estratégica. La primera afirmación podría suscitar temor innecesario en el público. En mi opinión, la segunda afirmación no puede verse como demasiado optimista, particularmente si se tiene en cuenta que sugiere seguimiento. No obstante, los investigadores más cercanos a la comunidad tomarán la decisión más pertinente sobre este tema.

En cualquiera de los dos casos, es todavía muy pertinente continuar con la Consulta de Salud – Evaluación de los Datos sobre las Consecuencias en la Salud (en inglés, *Health Outcome Data Evaluation Health Consultation*).

**Respuesta:** No se necesita respuesta.

Examinador 2

**Comentario:** El examinador no cree que la conclusión y las recomendaciones se modificarían si se modelaran las emisiones de cada avión. No se especificó el número de operaciones de cada avión individual. En consecuencia, las concentraciones calculadas en la dirección del viento estarían entre las concentraciones del peor y del mejor de los casos, si todas las entradas de modelo fueran iguales, excepto la potencia de la fuente.

**Respuesta:** No se necesita respuesta.

Examinador 3

**Comentario:** Sí, los niveles disminuirían sustancialmente.

**Respuesta:** No se necesita respuesta.

**8. ¿Desea formular otros comentarios sobre la consulta de salud?**

Examinador 1

**Comentario:** No tengo comentarios.

Examinador 2

**Comentario:** Ninguno.

Examinador 3

**Comentario:** Sí. Véanse las páginas adjuntas.

**Respuesta:** La ATSDR ha respondido a cada uno de los comentarios en la siguiente sección.

**9. ¿Desea formular comentarios sobre el proceso de revisión de expertos de la ATSDR?**

Examinador 1

**Comentario:** No tengo comentarios.

Examinador 2

**Comentario:** Ninguno.

Examinador 3

**Comentario:** No.

**10. ¿Hay algún otro comentario?**

Examinador 1

**Comentario:** No tengo comentarios.

Examinador 2

**Comentario:** Error de imprenta:

Pág. 72, corregir “Figura B-8” para que se lea “Figura B-9”.

Pág. 40, renglón 11 del párrafo 4, borrar “y” en “el riesgo real de un individuo y puede ser...”

**Respuesta:** Se hicieron estas correcciones.

Examinador 3

**Comentario:** No.

**Comentarios del examinador 3 sobre la pregunta 8.**

**Comentarios generales:**

**Comentario:** El cuerpo principal del texto debe incluir más detalles sobre la metodología, los datos y los mapas. El lector encuentra detalles considerables, pero suelen estar escondidos en las notas de pie de página de las tablas o se incluyen solamente en los apéndices. Las conclusiones parecen ser válidas, pero una mejor presentación incrementaría la confianza del lector.

**Respuesta:** La ATSDR ha adoptado el formato actual en respuesta a la sugerencia de los educadores sobre la salud y los comunicadores de riesgos porque el público en general es la audiencia beneficiaria de la evaluación de la salud, en lugar de la comunidad científica. Mientras sea posible, los detalles se limitan a apéndices, notas de pie de página, etc., a fin de evitar la distracción de los mensajes dirigidos al público en general, pero que aún se incluyen para los lectores científicos.

**Comentarios específicos:**

**Comentario:** Página 2, primer párrafo, renglón 4: La oración que comienza “En un intento por ...” carece un tanto de estilo y debiera dividirse en dos oraciones.

**Respuesta:** Se ha reestructurado la oración.

**Comentario:** Página 3, primer hallazgo: El texto no parece corresponder a la Tabla 1. Tal vez debería indicar que no fue posible el análisis del cromo hexavalente antes de 1980. De la manera como se afirmó, parece implicar que el cromo hexavalente originado en las fuentes estacionarias tuvo en realidad efectos nocivos en la salud.

**Respuesta:** La ATSDR ha aclarado el mensaje.

**Comentario:** Página 6, primer párrafo, renglón 7: En la sección de antecedentes se presenta una conclusión del estudio no fundamentada. Es necesario justificarla.

**Respuesta:** La conclusión hace referencia a las emisiones atmosféricas actuales y en ese documento se incluye la evaluación y se justifica la conclusión.

**Comentario:** Página 6, primer párrafo, renglón 9: La referencia a emisiones atmosféricas ocurridas en el pasado (antes de 1995) no está fundamentada. Previamente en el informe (Tabla 1) el pasado se presentó como 1980. Considero que se está tratando de decir en el texto que sólo las emisiones previas a 1995 se evaluaron debido a la adopción del combustible JP-8, pero no estoy seguro.

**Respuesta:** El texto indica que las emisiones atmosféricas previas a 1995 se evaluaron como consecuencia del uso del combustible de aviones JP-4 antes de 1995. Ese momento preciso se utilizó necesariamente para todas las emisiones si bien las emisiones de cromo cambiaron en 1980. La ATSDR inició una investigación en 1996 y publicó una evaluación de salud pública (agosto de 1999) que trata sobre las emisiones desde 1995 hasta el cierre de la base (2001).

**Comentario:** Página 7, segundo párrafo, renglón 1. Creo que la primera oración debiera categorizarse mediante la inclusión de "...en la Base Aérea Kelly." dado que esta afirmación no se aplica a las publicaciones científicas en general. La siguiente oración que se refiere al pasado distante tiene también el mismo problema.

**Respuesta:** Esta sección se aplica a las publicaciones científicas en general. Por ejemplo, en la década de 1980 comenzó el Programa de monitoreo de sustancias tóxicas en la atmósfera de la EPA. La ATSDR ha modificado la oración para reflejar esta aclaración.

**Comentario:** Página 7, cuarto párrafo, renglón 3. La oración que comienza en este renglón es confusa. Debiera saberse si las sustancias químicas estuvieron presentes o no.

**Respuesta:** Se desconoce a qué nivel estuvieron presentes las sustancias químicas.

**Comentario:** Página 9, primer párrafo, renglón 6. ¿Por qué se incluye una lista tan larga de sustancias químicas si no es completa?

**Respuesta:** Esta lista identifica las sustancias químicas para las cuales se suministran datos.

**Comentario:** Página 9, primer párrafo, renglón 8. Si la mayoría de las sustancias químicas no superaron los valores de comparación basados en la salud, es importante saber cuáles los superaron. Esto debiera formularse de otra manera o replantearse. Luego en la siguiente oración se dice que ninguna sustancia química excedió los valores de

comparación no relacionados con el cáncer, mientras que en la oración que le sigue se dice que dos sustancias lo excedieron. Es necesario limpiar el párrafo.

**Respuesta:** Los valores de comparación basados en la salud incluyen tanto los valores de comparación del cáncer como los valores no relacionados con el cáncer. Más adelante en el texto se especifica que *no* se excedieron los valores de comparación *no relacionados con el cáncer* y que se excedieron dos valores de comparación del *cáncer*.

**Comentario:** Página 9, segundo párrafo. Esta conclusión en negrita no parece tener correspondencia con el párrafo anterior.

**Respuesta:** La superación de un valor de comparación no constituye un peligro para la salud pública sino que identifica sustancias químicas para las cuales se indica que se deben realizar evaluaciones adicionales.

**Comentario:** Página 10, primer párrafo. Los detalles sobre el grado de riesgo en cuestión y los detalles en general deben incluirse, en realidad, en el texto principal y no solamente en el apéndice.

**Respuesta:** Véase la respuesta a los comentarios generales.

**Comentario:** Página 10, segundo párrafo. Una vez más, la conclusión en negrita no parece tener correspondencia con el párrafo anterior.

**Respuesta:** La superación de un valor de comparación no constituye un peligro para la salud pública sino que identifica sustancias químicas para las cuales se indica que se deben realizar evaluaciones adicionales.

**Comentario:** Página 12, primer párrafo. ¿Qué consecuencias en la salud se evaluaron en mayor detalle y por qué? Esta información es importante.

**Respuesta:** La información se presenta en los párrafos siguientes.

**Comentario:** Página 12, quinto párrafo. Los mapas deben incorporarse en el cuerpo principal del texto; esto sería particularmente útil para el lector.

**Respuesta:** Dado que tal vez se realicen referencias múltiples a los mismos mapas, la ATSDR prefiere colocar los mapas en un solo lugar a fin de evitar la repetición.

**Comentario:** Página 12, sexto párrafo. Si los resultados están disponibles, ¿por qué no incluirlos aquí?

**Respuesta:** Los resultados no están aún disponibles.

**Comentario:** Página 13. Buen análisis, pero se necesita un párrafo que resuma la manera en que estos temas se relacionan directamente con este proyecto.

**Respuesta:** Si bien la información puede ser pertinente al presente proyecto, su relevancia directa aún está por determinarse en actividades de seguimiento y es mejor que la presenten esos investigadores. Por ejemplo, la relación entre la leucemia no linfocítica aguda en los niños y las exposiciones ocupacionales de los padres al benceno puede tener relevancia en relación con el código postal donde se encuentran las viviendas fuera de la base y la notificación de resultados elevados en relación con la

leucemia. Se necesitarían investigaciones adicionales y la mejor manera de dar a conocer esa información es presentarla en su totalidad en ese momento. Se agregó un resumen.

**Comentario:** Página 17, segundo párrafo, renglón 4. La topografía y la geometría del sitio son también aportes clave.

**Respuesta:** Se ha agregado la “topografía y la geometría del sitio”.

**Comentario:** Página 17, segundo grupo de enumeraciones, primer apartado. “... 24 horas al día en todo período de tiempo...” es un tanto confuso.

**Respuesta:** El texto se aclaró con la afirmación de que los modelos pueden ser usados para calcular la concentración de una sustancia durante diferentes períodos de tiempo para los cuales existen datos meteorológicos y sobre emisiones y que el modelo ISCST utilizado en este informe genera un resultado del modelo por hora. Luego se pueden compilar los resultados por hora para generar valores máximos y promedios en diferentes períodos de tiempo.

**Comentario:** Página 18, primer párrafo. Si se midieron las concentraciones, entonces existieron. Creo que lo que ustedes tal vez están tratando de decir es que estos resultados no se aplican a todos los períodos o que pueden usarse para otros sitios cercanos.

**Respuesta:** La interpretación es la deseada y no se necesita una respuesta.

**Comentario:** Página 18, último párrafo, renglón 5. La oración que termina en este renglón debe incluir “... en los sitios incluidos en el modelo”. Esto es así porque entre más se esté en la dirección del viento, más pertinentes son las vidas medias prolongadas.

**Respuesta:** El texto especifica que el punto está cerca del perímetro de la base y que las concentraciones presentes en la dirección del viento aumentarán, con lo cual “son pertinentes”. Se modificó el texto a fin de indicar que el punto fijo fuera de la base se encontró en el sitio modelado en el perímetro de la base.

**Comentario:** Página 19, figura A-1. ¿Por qué el último punto de datos (~1500 minutos) reduce la concentración?

**Respuesta:** El último punto de los datos era incorrecto. Se ingresó incorrectamente la concentración como  $0.00117 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y el valor correcto es  $0.00122 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La ATSDR también realizó el modelo con vidas medias de 280 minutos y 2.160 minutos para completar el período entre 60 y 500 minutos y extender el final de la curva. Estos puntos adicionales confirman la conclusión de que la concentración se estabiliza en el sitio en cuestión a medida que la vida media se aproximaba a 3 a 4 horas (180 a 240 minutos). La Figura A-1 se corrigió y se revisó. Están situados geográficamente en la comunidad de Kelly Gardens, inmediatamente al norte de la Base Aérea Kelly y adyacentes a la misma. El sitio en coordenadas geográficas está 641.600 metros al oeste y 4.173.700 metros al norte en la red estatal, zona central sur de Texas, Datum Norteamericano de 1983.

**Comentario:** Página 19, primer párrafo, renglón 8. ¿Debiera ser éste un factor inferior a 50? Yo no obtengo esta cifra en la Figura A-2.

**Respuesta:** El factor de 50 fue el resultado del cambio en los parámetros del modelo (altura de descarga, deflexión y dispersión rural en comparación con dispersión urbana) y la disminución en la concentración como una función de la distancia en el radio de 300 metros de la fuente. Dado que esto no era evidente, el número se modificó a 3 para representar el cambio en los parámetros del modelo solamente y un factor aproximado de 50, según la ubicación de los receptores dentro de los límites de la base.

**Comentario:** Página 19. Éste también sería el lugar para presentar los modelos que se emplearon, los aportes, si se emplearon los valores correspondientes al peor de los casos o valores típicos relacionados con el tiempo, etc.

**Respuesta:** La ATSDR agregó esta información.

**Comentario:** Página 19, leyenda para la figura A-2. Algunos parámetros tendrían un efecto. Aquellos en la evaluación que aparecen en la figura tal vez no tengan efecto.

**Respuesta:** Se modificó la leyenda de la Figura A-2 de la siguiente manera:

Figura A-2. Comparación de los parámetros de aporte. Los parámetros del modelo seleccionados que aparecen en la figura no tienen efecto en las concentraciones de contaminantes fuera de la base, pero pueden afectar considerablemente las concentraciones en la base.”

**Comentario:** Página 21, último párrafo. Dado que el cromo hexavalente es una sustancia sólida, mientras que los otros contaminantes son gaseosos, sería conveniente que mencionen las suposiciones del modelado aquí, entre ellas el asentamiento.

**Respuesta:** La ATSDR incorporó texto que describe la suposición de que todas las sustancias químicas, entre ellas los metales, se suponían en estado gaseoso.

**Comentario:** Página 22, segundo párrafo. Una mayor descripción de los detalles sería realmente útil para el lector. Los niveles que se utilizan para las comparaciones (tanto criterios como medidos) justificarían las afirmaciones hechas. Los detalles surgen al cabo de una revisión muy minuciosa de la Tabla B-1, pero estas afirmaciones importantes usadas en el párrafo deben respaldarse en el texto.

**Respuesta:** Véase la respuesta al comentario general.

**Comentario:** Página 24, primer párrafo. Simplemente como una idea, ¿podría incluirse la eficiencia del purificador utilizado para control y posiblemente permitir la mejor interpretación de los impactos antes de 1980?

**Respuesta:** Se tuvo en cuenta la eficiencia de los purificadores, pero la ATSDR determinó que la incertidumbre era demasiado grande para realizar una evaluación adicional. La incertidumbre existe porque la operación de los purificadores en el edificio 301 se modificó en 1980 y, antes de 1980, existían otros cuatro establecimientos que realizaban tareas de galvanoplastia.

En el texto se afirma que los purificadores se instalaron en 1980 en el edificio 301. La información adicional obtenida por la ATSDR revela que los purificadores se instalaron cuando se construyó el edificio en 1977, y se realizaron pruebas de muestreo de las

chimeneas en 1980. Se utilizó esta información a manera de aclaración del texto (Base Aérea Kelly 2001). Inicialmente, el diseño de los purificadores en el edificio 301 establecía el funcionamiento en la modalidad húmeda. No obstante, en un memorándum se indica que el agua desmineralizada disponible no era suficiente para el funcionamiento de las unidades, con lo cual se tomaron decisiones a fin de operar las unidades en una modalidad seca (Backlund, 1995). Las pruebas de chimeneas se finalizaron en 1980 en una modalidad seca. Se desconocen las eficiencias reales antes de 1980. Se pueden calcular las emisiones a partir de las operaciones de galvanoplastia si se conoce el nivel de las operaciones de galvanoplastia, pero no se han identificado estos datos.

Cuatro de los talleres de galvanoplastia existían antes de 1980. La más significativa es la operación en los edificios 258/259, que inició operaciones en 1942 y que se clausuró en 1977 (Base Aérea Kelly 2001). La Fuerza Aérea consideró que la información sobre emisiones ocurridas en el pasado provenientes de los edificios 258/259 era incompleta y escasamente confiable porque los edificios se demolieron antes de esta consulta, no existen datos, falta confianza en las entrevistas del personal y faltan los planos de construcción (EARTHTECH 2000a, 2000b). Como resultado de estas incertidumbres, la ATSDR no evaluó el impacto antes de 1980.

### *Referencias*

Backlund 1995. Memorandum for Information from SA\_ALC/EMC, Department of the Airforce, Headquarters San Antonio Air Logistics Center (AFMC), Kelly Air Force Base, Texas (R.J. Backland, P.E.) To SA-ALC/EMC (D.S. Guadarrama, P.E.), Subject Shutdown of Wet Scrubber Mode at Bldg 301 and Stack Sampling).

Kelly AFB 2001. Point Paper for Chromium Emission Data from Historical Plating Operations, Kelly AFB, Draft, June 26, 2001.

EARTHTECH 2000a. Final Report. Historical Air Emissions Estimate. Kelly AFB, TX. EARTH TECH, Inc. San Antonio, TX. March 27, 2000.

EARTHTECH 2000b. Addendum to the Historical Air Emissions Estimate Report, March 20, 2000. EARTH TECH, Inc. August 28, 2000. Transmitted by Charles Williams (Kelly AFB) on December 20, 2000

***Comentario:*** Página 25, tercer párrafo. Se incluye el modelo utilizado, pero sería mejor presentarlo antes para facilitar la comprensión del lector. Del mismo modo, debe mencionarse la forma en que se utilizó el modelo. Se presentan detalles más adelante, pero debe analizarse porqué se usa el ISCST con un enfoque de volumen y posiciones calculadas en lugar del EDMS.

***Respuesta:*** Se realizaron los siguientes cambios, que se muestran en letra cursiva, y se agregó texto explicativo en respuesta a este comentario.

Página 8, primer párrafo.

Los datos sobre la especiación del combustible para aviones JP-4 obtenidos por la ATSDR y los datos sobre las operaciones suministrados por la Base Aérea Kelly se utilizaron en la realización de un modelo de dispersión atmosférica de las emisiones de aviones. Se utilizó un escenario del peor de los casos de emisiones de combustible para modelar las emisiones de los aviones. *Se empleó el modelo de dispersión atmosférica “Industrial Source Complex” (ISCST3, ver el Apéndice B para obtener más detalles).*

Página 25

Aportes de modelos

Se utilizó el modelo *Industrial Source Complex-Short Term* (ISCST) para modelar la atmósfera. Para tal fin, se debe introducir información en el modelo sobre la fuente de los contaminantes, la meteorología ambiental, como también información sobre las ubicaciones de los receptores. El modelo simula el desplazamiento de los contaminantes en la atmósfera y calcula una concentración en las ubicaciones determinadas de los receptores. *Las emisiones se trataron como una serie de fuentes de volumen detrás del avión (véanse detalles en la página 32).*

Final de la página 33 y principio de la página 34.

*Se emplearon cuarenta y ocho fuentes de volumen para representar las emisiones en la pista. Se emplearon catorce para representar los despegues. Se emplearon treinta para representar la subida después del despegue. Se emplearon ocho para representar el acercamiento. Estas fuentes representan el desplazamiento de los aviones con intervalos aproximados de 3 segundos. Las fuentes en cada categoría se espaciaron según la velocidad respectiva durante esa modalidad.*

La persona que formula el comentario sugiere que el modelo EDMS debe analizarse en conjunción con el uso del modelo ISCST con fuentes de volumen. El modelo ISCST se utilizó para realizar modelar las emisiones de aviones de chorro mediante el uso de fuentes de volumen. En el Apéndice B se calcularon y se analizaron el tamaño y la ubicación de estas fuentes de volumen. El uso del modelo EDMS en el momento de realizar el modelado para este informe (marzo de 2001 a junio de 2001) no era una opción. En marzo de 2001, la versión 3 era la versión actual del modelo EDMS. La versión 4 de EDMS se publicó en mayo de 2001. Los modelos EDMS (versiones 3 y 4) se formularon para contaminantes atmosféricos de criterios más hidrocarburos (monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, hidrocarburos y partículas en suspensión). El modelo EDMS V3 no era fácilmente adaptable a otros factores de emisiones y sustancias químicas, como los contaminantes atmosféricos peligrosos que fueron el tema del presente estudio. El diseño del modelo EDMS no permite en este momento los análisis tóxicos atmosféricos para las fuentes de aviación, pero podría haberse complementado con otra metodología y modelos para sustancias tóxicas en la atmósfera ([Registro Federal: 13 de octubre de 1999 (volumen 64, número 197)] [Notificaciones] [página 55525-55595]). El modelo EDMS V4 ahora ofrece la flexibilidad de importar los factores de emisiones para los nuevos aviones y sustancias químicas adicionales. Esta función no la ofrecía el EDMS V3.



El EDMS V3 utilizaba dos modelos llamados PAL2 y CALINE3 que simulaban emisiones de aviones como fuentes de línea. CALINE3 es un modelo de fuente de línea y supone que existe una zona (volumen) que contiene la fuente de línea con la zona. El tamaño de la zona es una función de la amplitud de la línea y una dispersión vertical inicial. Los contaminantes en esta zona luego se dispersan vertical y horizontalmente mediante un modelo gaussiano en estado estable (Benson 1979). PAL2 calcula una fuente de línea por integración de fuentes puntuales (EPA 1978). Se desconoce la precisión de la ubicación de los puntos y líneas que representan los planos y la precisión relativa al hacer la comparación con las fuentes de volúmenes de la ATSDR.

El EDMS V4 es una revisión significativa del EDMS V3. El EDMS V4 utiliza el modelo de dispersión atmosférica AERMOD de la EPA. El AERMOD en EDMS utiliza fuentes de áreas para el rodaje de aviones, la espera en cola, la aceleración en la pista, los aviones después del despegue y durante el acercamiento para el aterrizaje. Se seleccionaron fuentes de área a diferencia de una serie de fuentes de volumen según se determina en las recomendaciones de la Sociedad Meteorológica de los Estados Unidos y el Comité para el Mejoramiento de Modelos Reglamentarios de la EPA (en inglés, *American Meteorological Society/EPA Regulatory Model Improvement Committee*) (AERMIC) (CSSI, Inc. 2002). Es posible comparar el modelo EDMS V4 con el método de la ATSDR porque, en el otoño de 2003, el Centro del Ejército de los Estados Unidos para la Promoción de la Salud y la Medicina Preventiva (CHPPM) empleó el EDMS V4 en la evaluación de los resultados de la ATSDR. Con base en la suposición de la ATSDR de 336.000 operaciones de los B52H y las tasas de emisión identificadas en el informe de la ATSDR, el resultado de CHPPM en el punto de máximo impacto se encontró dentro del 10% del resultado de la ATSDR (comunicación personal, Les Pilcher, Centro del Ejército de los Estados Unidos para la Promoción de la Salud y la Medicina Preventiva, 19 de diciembre de 2003, [49]. Esto indica que los diferentes modelos que utilizan las mismas suposiciones concuerdan bien.

### *Referencias*

Benson, Paul 1979. Abridged version of "CALINE3 - A Versatile Dispersion Model for Predicting Air Pollutant Levels Near Highways and Arterial Streets-Interim Report" Report Number FHWA/CA/TL-79/23, Nov. 1979. Paul E. Benson, Office of Transportation Laboratory, California Department of Transportation. Abridged Version by Computer Sciences Corporation [http://www.epa.gov/scram001/userg/regmod/caline3.pdf].

CSSI, Inc. 2002. Emissions and Dispersion Modeling System (EDMS) Reference Manual. Prepared for U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, Washington, D.C. Document Number FAA-AEE-01-01

US Environmental Protection Agency (EPA). 1978. User's guide for PAL, A gaussian-plume algorithm for point, area, and line sources. Research Triangle Park (NC): Office of Research and Development, Environmental Sciences Research Laboratory, February. Report No. EPA-600/4-78-013.

**Comentario:** Página 26, quinto párrafo. Sería mejor si se incluyera una lista de todos estos aviones en una tabla.

**Respuesta:** La lista se revisó y se reestructuró en una tabla.

**Comentario:** Página 26, quinto párrafo. Si solo se usan los B-52H y los F16, ¿por qué incluir en el informe que existen datos sobre las emisiones de todos estos otros aviones?

**Respuesta:** Se suministró la lista de aviones para los cuales se cuenta con datos en relación con las emisiones a fin de demostrar el proceso que siguió la ATSDR en la reconstrucción de las exposiciones ocurridas en el pasado. La lista demuestra más claramente las ventajas y desventajas de la suposición de usar exclusivamente los B52-H y los F16. También informa a los lectores qué datos están disponibles. No se realizaron cambios en el texto.

**Comentario:** Página 27, Tabla B-2. Los números parecen ser demasiado altos. ¿Podría un B-52H emitir 113 kilogramos de hidrocarburos durante el rodaje previo al despegue? Esto ocurre también en la Tabla B-3. Del mismo modo, si no se incluyen las maniobras de aterrizaje y despegue inmediato, ¿por qué incluirlas?

**Respuesta:** La ATSDR verificó el documento fuente y, de hecho, menciona 113 kilogramos de hidrocarburos (HC) durante el rodaje previo al despegue (Seitchek 1985). Este número parece alto. Se derivó de la modalidad de tiempo, el ajuste de motores y la tasa de emisiones de HC. El ajuste de motores correspondiente al rodaje previo al despegue es marcha en vacío, que conlleva la tasa más alta de emisiones de HC. Para el motor TF33-3, la tasa es 84 g HC/kg de combustible. El índice de consumo de combustible es 0.11 kg/s, de manera que la tasa de emisiones de HC es 9.24 g. Para 113 kilogramos, la modalidad de tiempo necesitaría ser 3.4 horas, lo cual parece ser muy poco realista. La ATSDR revisó el KC-135A a partir de esta referencia para la maniobra del rodaje previo al despegue y obtuvo 11.5 horas, lo cual es todavía más irreal. La ATSDR sospecha que existe un error sistemático en la Tabla A de Seitchek (1985). Posiblemente las unidades empleadas en la tabla sean kilogramos y no toneladas métricas. Se incorporó una nota en la Tabla B-2 sobre este posible error.

Dado que los valores en la Tabla B-2 sólo se usaron para una comparación entre aviones y no se incorporaron en el modelado de las emisiones, el error en Seitchek (1985) no modifica los resultados. Las tasas de hidrocarburos empleadas en el modelado fueron 94 g HC/kg de combustible y 0.14 kg/s de combustible (Spicer et al 1988). Estos valores son similares a los de Seitchek (1985). La modalidad de tiempo empleada en el modelado de la ATSDR fue 9 minutos en el caso del rodaje previo al despegue (Naugle et al. 1975) con una descarga total de 7.1 kg de HC durante esta maniobra.

#### *Referencias*

Aircraft Emissions Characterization. C.W. Spicer, M.W. Holdren, S.E. Miller, D.L. Smith, R.N. Smith, D.P. Hughes. Final Report, March 1988, Engineering and Services Laboratory, Air Force Engineering & Services Center, Tyndall Air Force Base, ESL-TR-87-63.

USAF Aircraft Engine Emissions Estimator, Glenn D. Seitchek, ESL-TR-85-14, November 1985.

USAF Aircraft Pollution Emission Factors and Landing and Takeoff (LTO), Dennis Naugle, et al, AD/A-006 239 (February 1975).

**Comentario:** Página 29, Ecuación en el margen superior de la página. Se debe analizar la derivación de esta fórmula. Obtengo respuestas diferentes cuando empleo moles para la conversión de masas.

**Respuesta:** La ecuación es

$$(1) \quad \% \text{ wt } \frac{HAP}{HC} = \left( \frac{[HAP]}{[HC]} \right) \times \left( \frac{\text{Number of } C_{HC}}{\text{Number of } C_{HAP}} \right) \times \left( \frac{MW_{HAP}}{MW_{HC}} \right)$$

donde:

[HAP] = concentración de compuestos orgánicos en ppm<sub>v</sub>C

[HC] = concentración de hidrocarburos totales en ppm<sub>v</sub>C

Número de C<sub>HC</sub> = Número de moléculas de carbono, se usa 9.3 para HC\*

Número de C<sub>HAP</sub> = Número de moléculas de carbono en los HAP

MP<sub>CAP</sub> = Peso molecular de los [HAP]

MP<sub>HC</sub> = Peso molecular de los hidrocarburos totales = 130\*

\*Douglas, Everett, Naval Aviation Depot, Naval Air Station, San Diego, California. Registro de comunicaciones personales por correo electrónico en relación con la información sobre la conversión de unidades y los datos sobre el número de carbonos y pesos moleculares de los hidrocarburos totales en el combustible de aviones, 12 de febrero de 2001.

Las unidades de concentración en esta fórmula necesitan ppm<sub>v</sub>C. No se deben usar los moles en esta fórmula dado que se basa en un volumen por volumen. La fórmula se tomó de AESO (1999) y se harán las referencias correspondientes en el texto. Hubo un error tipográfico y OC se cambió a HAP y se agregó el subíndice “v” para indicar que se basa en el volumen en lugar de la masa.

La derivación de la fórmula se basa en dos ecuaciones:

$$(2) \quad ppm_v = \frac{ppm_v}{\#C}$$

donde ppm<sub>v</sub> = partes por millón por volumen  
ppmC = partes por millón de carbono  
#C = número de carbonos en la molécula

y la ley ideal de gas,

$$(3) \quad PV = nRT,$$

que se usa para convertir  $\text{ppm}_v$  a una base de masa.

Donde  $P$  = presión del gas  
 $V$  = el volumen que ocupa  
 $T$  = su temperatura (en Kelvin)  
 $n$  = número de moles de gas presentes  
 $R$  = constante universal de gas

Primero, a través de la ley ideal de gas, se calcula el volumen de 1 mol de aire ( $V$ ).

$$(4) \quad V = R \left( \frac{L - atm}{^\circ K - Mole} \right) \times \frac{T(^{\circ}K)}{1atm} = \frac{L}{mole}$$

Con temperatura y presión estándar ( $273^{\circ}K$  y  $1 \text{ atm}$ ). El volumen es

$$(5) \quad V_{STP} = 0.8206 \left( \frac{L - atm}{^\circ K - Mole} \right) \times \frac{273^{\circ} K}{1atm} = 22.4 \frac{L}{mole}$$

$\text{ppm}_v$  se define como

$$(6) \quad \text{ppm}_v = \frac{\mu L_{HAP}}{L_{air}}$$

donde  $V_{air}$  es el volumen total de aire,  $V_{HAP}$  es el volumen de aire ocupado por los HAP con análisis y ecuaciones dimensionales 5 y 6.

$$(7) \quad ppm_v = \frac{\mu L_{HAP}}{L_{air}} \times \frac{10^3}{1m^3_{air}} \times \frac{1L_{HAP}}{10^6 \mu L_{HAP}} \times \frac{mole}{22.4L_{HAP}} \times MW \frac{g}{mole} \times \frac{10^3 mg}{g}$$

ó

$$(8) \quad ppm_v = \left( \frac{MW_{HAP}}{22.4L_{HAP}} \right) mg/m^3$$

En combinación con la ecuación 1 y la solución para masa

$$(9) \quad \text{concentración en } mg/m^3 = \frac{ppm_v C_{HAP}}{\# C_{HAP}} \times \left( \frac{MW_{HAP}}{22.4L_{HAP}} \right) mg/m^3_{air}$$

Para obtener una razón de peso de HAP a hidrocarburo (HC)

$$(10) \quad \% wt \left( \frac{HAP}{HC} \right) = \frac{\frac{ppm_v}{\# C_{HAP}} \times \left( \frac{MW_{HAP}}{22.4L_{HAP}} \right) mg/m^3_{air}}{\frac{ppm_v C_{HC}}{\# C_{HC}} \times \left( \frac{MW_{HC}}{22.4L_{HC}} \right) mg/m^3_{air}}$$

La simplificación y la reorganización nos llevan nuevamente a la ecuación 1.

$$(11) \quad \% wt \left( \frac{HAP}{HC} \right) = \frac{\frac{ppm_v C_{HAP}}{\# C_{HAP}} \times (MW_{HAP})}{\frac{ppm_v C_{HC}}{\# C_{HC}} \times (MW_{HC})} = \frac{ppm_v C_{HAP} \times (MW_{HAP}) \times \# C_{HC}}{ppm_v C_{HC} \times (MW_{HC}) \times \# C_{HAP}}$$

Nótese que esta ecuación es independiente de la temperatura y de la presión.

## Referencias

Aircraft Environmental Support Office (AESO), 1999. Toxic Organic Contaminants in the Exhaust of Gas Turbine Engines for JP-5 and JP-8 Fuel: Draft. San Diego (CA): U.S. Navy, Aircraft Environmental Support Office Naval Support Depot-North Island. AESO Report No. 12-90, Revision B. February.

**Comentario:** Página 30, continuación de la Tabla. Se deberían colocar encabezamientos en el margen superior de la página.

**Respuesta:** Se agregó el encabezamiento.

**Comentario:** Página 33, segundo párrafo. ¿Debe inferirse que las operaciones de aterrizaje y despegue inmediato se dividieron equitativamente entre los despegues y los aterrizajes?

**Respuesta:** Las operaciones de aterrizaje y despegue inmediato no se especificaron en el número de operaciones anuales. Dado que las operaciones anuales muy probablemente incluyeron operaciones de aterrizaje y despegue inmediato, la ATSDR adoptó el enfoque más conservador (las emisiones más altas) y supuso que el número desconocido de operaciones de aterrizaje y despegue inmediato fue un despegue o un aterrizaje, pero no ambos. Esto significa que las 336.000 operaciones se dividieron en 168.000 despegues y 168.000 aterrizajes. Este texto se incorporó al informe para fines de claridad.

**Comentario:** Página 33, noveno párrafo. “...desde aproximadamente 480 metros”. ¿Significa al suelo, alrededor de esta altura o alguna otra cosa?

**Respuesta:** Esto significó que las alturas de las descargas de fuente para el acercamiento variaron entre 480 y 0 metros sobre la superficie. Se modificó el texto para aclaración.

**Comentario:** Página 33, undécimo párrafo. 46 minutos parece un período de rodaje muy largo.

**Respuesta:** El período de rodaje es el tiempo total del rodaje por la pista durante el despegue y el rodaje durante el aterrizaje (consúltese la Tabla B-4) e incluye tiempo para la puesta en marcha (20 minutos), el rodaje anterior al despegue (9 minutos), el rodaje posterior al aterrizaje (12 minutos) y la marcha en vacío durante el apagado de los motores (4.8 minutos).

Estos datos se obtuvieron de *USAF Aircraft and Pollution Emission Factors and Landing and Takeoff (LTO)* [Factores de emisiones de contaminantes de aviones y aterrizaje y despegue, USAF], Dennis Naugle, et al, AD/A-006 239 (febrero de 1975). Se aclaró el texto según corresponde.

## Referencias

USAF Aircraft Pollution Emission Factors and Landing and Takeoff (LTO), Dennis Naugle, et al, AD/A-006 239 (February 1975)

**Comentario:** Página 34. Yo esperaba que también se presentara información sobre el F-16 en lugar del B52H solamente.

**Respuesta:** Esta página incluye información sobre el F16.

**Comentario:** Página 34, segundo párrafo. Sería conveniente decirle al lector cuál es el nivel donde comienzan los efectos para la salud y cuál es la referencia en este párrafo.

**Respuesta:** Véase la respuesta al comentario general junto con las Figuras B-6 y B-7.

**Comentario:** Página 44, Figura B-7. El público tal vez tenga la idea errónea sobre lo que es una sustancia tóxica cuando se informa que los niveles al aire libre en la Base Aérea Kelly superan los niveles en un bar lleno de humo. Cierta descripción en el texto resultaría útil.

**Respuesta:** La ATSDR presenta objetivamente la información que aparece en las publicaciones científicas a fin de brindar una perspectiva completa.

**Comentario:** Página 46. Es confuso tener dos Apéndices B. ¿Quizá B1 y B2?

**Respuesta:** Solo hay un apéndice B, con dos anexos.

**Comentario:** Página 55, primer párrafo, renglón 3. Tal vez sean necesarias las palabras “... cerca de la Base Aérea Kelly” después de la palabra “...susceptibilidad...”.

**Respuesta:** Esta es una afirmación general y no es específica a la Base Aérea Kelly.

**Comentario:** Página 55, quinto párrafo. Este párrafo debe incluirse en el cuerpo principal del texto.

**Respuesta:** La ATSDR prefiere que estas declaraciones metodológicas generales se dejen con otras declaraciones similares en un apéndice que se inserta en un análisis de los hallazgos en el cuerpo principal del texto.

**Comentario:** Página 56, primer párrafo. No se describe completamente la manera en que se generaron los factores de riesgo. Sería útil tener más detalles.

**Respuesta:** Se agregaron detalles a las tablas y al texto.

**Comentario:** Página 59, cuarto punto. ¿Hay un incremento bajo a moderado en el riesgo o un riesgo bajo a moderado?

**Respuesta:** Se trata de un incremento bajo a moderado en el riesgo calculado sobre el riesgo de base.

**Comentario:** Página 60, Tabla C-1. Que seis personas en 1000 serían vulnerables de padecer cáncer es bastante alto. Se necesita análisis adicional en el texto así como si se tratara incluso de 3 personas en 1000.

**Respuesta:** Se ha aclarado el texto.

**Comentario:** Página 64, referencia 40. Existe una referencia mucho más reciente.

**Respuesta:** La ATSDR está de acuerdo con que existe una referencia más reciente; no obstante, los datos provinieron de la referencia 40 porque era el documento que estaba disponible en ese momento.

**Comentario:** Página 66, cuarto párrafo. Sería conveniente notificar los valores medidos.

**Respuesta:** El texto en este párrafo hace referencia a las concentraciones notificadas que provinieron del monitor de sustancias tóxicas en el aire ubicado aproximadamente entre 10 y 15 millas al noreste de la Base Aérea Kelly en 254 Seale Road, San Antonio, Texas. A continuación se incluyen las concentraciones. Estos valores son números máximos anuales. Se utilizaron los niveles de detección cuando no se detectó un compuesto. Esta tabla y la información sobre el monitor no se incluyeron en el informe revisado (respuesta a comentarios de la revisión de expertos) porque estos datos se suministraron para fines de aclaración exclusivamente y no repercuten en los resultados y conclusiones sobre las emisiones atmosféricas ocurridas en el pasado.

Año	Butadieno		Benceno		Riesgo total
	µg/m <sup>3</sup>	Risk	µg/m <sup>3</sup>	Risk	
1994	0.17	4.73E-05	2.15	0	0.0000641
1995	0.71*	1.98E-04	1.63	1.27E-05	2.11E-04
1996	0.71*	1.98E-04	1.38	1.08E-05	2.09E-04
1997	0.71*	1.98E-04	1.76	1.37E-05	2.12E-04
1998	0.71*	1.98E-04	1.46	1.14E-05	2.09E-04
1999	0.74	2.07E-04	1.42	0	2.18E-04
2000	0.10	2.93E-05	1.09	0	3.78E-05
2001	0.11	3.15E-05	1.57	1.22E-05	0.0000437
Average	0.49	0	1.56	0	0.000151

El riesgo de la unidad de inhalación usado para el butadieno =  $0.00028 \text{ (g/m}^3\text{)}^{-1}$

El riesgo de la unidad de inhalación usado para el benceno =  $0.0000078 \text{ (g/m}^3\text{)}^{-1}$

\* Nivel de detección utilizado

**Comentario:** Página 67, cuarto párrafo. ¿Cuál fue la lógica de usar solo un período de vida media de 9 horas? Esto no parece desprenderse del cuadro que aparece antes del párrafo.

**Respuesta:** La ATSDR está de acuerdo con que la tabla y el texto no son claros. Se calcula que el 1,3-butadieno tiene una permanencia en la atmósfera breve debido a su reactividad. La permanencia real depende de las condiciones en el momento de la descarga. Los mecanismos primarios de eliminación son a través de reacciones químicas con radicales hidroxilo y ozono. En consecuencia, los factores que repercuten en la permanencia en la atmósfera del 1,3-butadieno, como el momento del día, la intensidad de la luz solar, la temperatura, etc., también incluyen los que afectan la disponibilidad de los radicales hidroxilo y ozono (EPA 1993). Las publicaciones científicas reportan diferentes vidas medias y, en muchos casos, no especifican factores de control que repercutirían en la degradación del butadieno. En la tabla se intentó mostrar las vidas medias como una función de un factor único.

Para la realización del modelado, la ATSDR utilizó un informe de la Junta de Recursos del Aire de California (en inglés, *California Air Resources Board*) en el que se afirma



que “se anticipan vidas medias atmosféricas de 1 a 9 horas”. (CARB 1997) Dado que una hora se aproximaba al extremo más bajo notificado, esta gama fue razonable para la evaluación. Nueve horas fue razonable como un valor más alto porque se encuentra en la gama de los valores más altos. Las vidas medias más altas no cambiarían de manera significativa las concentraciones cerca de la base donde reside la población en cuestión porque el tiempo de desplazamiento de las emisiones atmosféricas es muy superior a 9 horas (la Figura A-1 demostró esto para el cromo hexavalente). El modelo se hizo sin degradación como el peor de los casos.

La ATSDR aclaró esto en el texto y fusionó este análisis con texto en el Apéndice B bajo una nueva sección llamada *Análisis de sensibilidad*.

### *Referencias*

EPA 1993. Motor Vehicle-Related Air Toxics Study, April 1993. Technical Support Branch, Emission Planning and Strategies Division, Office of Mobile Sources, Office of Air and Radiation, U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C.

CARB 1997. Toxic Air Contaminant Identification List Summaries, September 1997. Stationary Source Division, Substance Evaluation Section, California Air Resources Board, California Environmental Protection Agency, Sacramento, CA.

**Comentario:** Página 69, Tabla B-8. Una vez más, se notifican valores altos de riesgo y probablemente necesitan ser analizados en mayor detalle.

**Respuesta:** Se ha aclarado el texto.

## **Apéndice E. Respuesta a los comentarios del público**

Este apéndice consiste en la respuesta a los comentarios hechos por el público a la versión emitida para tal efecto de la Consulta de Salud Pública de la ATSDR sobre emisiones atmosféricas ocurridas en el pasado en la Base de la Fuerza Aérea Kelly. El período de comentarios se abrió el 12 de octubre de 2004 y se cerró el 30 de noviembre de 2004.

En total, la ATSDR recibió muchos comentarios de dos personas. Muchos de esos comentarios fueron similares. En un grupo de comentarios, a menudo se repitieron las preocupaciones y, a veces, la pregunta que se debía responder no era clara.

Con el fin de proveer respuestas en este Apéndice, la ATSDR presenta un resumen de las preocupaciones. Este resumen reúne los temas que son similares y la percepción de la ATSDR de los comentarios. A cada resumen le sigue la respuesta de la ATSDR.

Este apéndice también contiene las respuestas de la ATSDR a los comentarios técnicos hechos en un informe con fecha del 29 de marzo de 2005 presentado al *Restoration Advisory Board* (RAB) por un contratista en virtud del programa de subsidio conocido como *Technical Assistance for Public Participation* (TAPP).

### **Este apéndice se organiza de la manera siguiente:**

#### **I. Respuesta general a los comentarios**

Se recibieron varios comentarios que indicaban la necesidad de que la ATSDR hiciera una revisión del propósito y de los procedimientos necesarios para realizar las actividades en un sitio, la naturaleza de esas actividades y los detalles específicos sobre actividades en la Base Aérea Kelly que precedieron a la publicación de este documento. La ATSDR respondió a estos y otros temas durante el proceso de evaluación de salud, pero puede ser que algunas personas que proporcionaron comentarios no hayan participado en ese entonces. Por consiguiente, esta sección proporciona un resumen del proceso de evaluación de salud y de las actividades anteriores de la ATSDR.

#### **II. Respuesta a comentarios específicos**

Muchos comentarios se identificaron como relacionados con categorías generales y se respondieron en conjunto, mientras que otros comentarios se incluyeron bajo la categoría “diversas preocupaciones”. Por consiguiente, se clasificaron los comentarios y respuestas en las siguientes categorías:

- Fuentes de datos
- El modelo de dispersión atmosférica
- Reglamentaciones, permisos y conformidad
- Armas radioactivas
- Exposición y toxicidad
- Diversas preocupaciones

### **III. Respuesta a los comentarios del contratista bajo el programa de subsidio *Technical Assistance for Public Participation (TAPP)* del *Restoration Advisory Board (RAB)*.**

El propósito de las respuestas a los comentarios hechos por el contratista durante esta revisión es clarificar los asuntos identificados durante la revisión.

#### **I. Respuesta general a los comentarios**

La ATSDR primero realizó evaluaciones del sitio y reuniones con la comunidad en 1996. Se sostuvieron muchas reuniones con los miembros de la comunidad durante los dos primeros años de la participación de la ATSDR, durante las cuales se agruparon las preocupaciones y se describieron en la Evaluación de Salud Pública de la Base de la Fuerza Aérea Kelly. Con la participación de la comunidad, se realizaron talleres de educación sobre la salud con miembros de la comunidad, médicos y enfermeras que trabajaban en la comunidad. Durante estas reuniones y talleres, la ATSDR describió cómo se realiza una evaluación de salud, lo que la ATSDR podía y no podía hacer, lo que la comunidad debía esperar de la participación de la ATSDR y educación en materia de salud sobre toxicología, epidemiología y salud ambiental. Aunque repetir estos esfuerzos sería prohibitivamente extenso, los comentarios hechos por los miembros de la comunidad que son nuevos para el proceso indican la necesidad de reiterar algunos de los conceptos fundamentales del proceso de evaluación de salud pública de la ATSDR.

La ATSDR recibió una petición del fallecido congresista Tejada para que investigara si la contaminación de la Base Aérea Kelly podría haber causado las condiciones de salud reportadas por las comunidades localizadas al norte y al sureste de la base. La petición especifica la investigación sobre las preocupaciones de salud actuales (en 1996) en comunidades específicas y hace referencia a la contaminación que pudo haberse diseminado desde la base hasta esas comunidades. La preocupación tuvo que ver con la contaminación originada en la Base Aérea Kelly, y no en otras fuentes de contaminación. Por consiguiente, la investigación se centró en estos asuntos y dio origen a la evaluación de salud pública de East Kelly como una investigación aparte (la cual fue solicitada por la comunidad), como también a consultas de salud específicas sobre el derrame de la calle Tampa Street, el incendio de DRMO, la exposición actual del personal dentro de la base a emisiones atmosféricas, la exposición al agua potable ocurrida en el pasado proveniente de los pozos 313 y 314 ubicados dentro de la base, la evaluación de los datos sobre las consecuencias en la salud y las emisiones atmosféricas ocurridas en el pasado.

La investigación de la ATSDR evalúa

15. si existe la contaminación,
16. si los niveles de contaminación son lo suficientemente altos como para causar preocupaciones de salud,
17. si la contaminación se propagó a la comunidad en niveles que causen preocupaciones de salud,

18. si las personas entran en contacto con la contaminación y por cuáles rutas de exposición, y

19. si esta exposición posiblemente habría tenido efectos adversos para la salud.

Nótese que debe ocurrir la exposición (es decir, respirar, comer o beber una sustancia o el contacto de la piel con la misma), y el nivel debe ser lo suficientemente alto durante un período de tiempo extenso para que los contaminantes tengan algún efecto en la salud.

Si la ATSDR determina que las exposiciones descritas probablemente tuvieron efectos adversos para la salud, entonces recomienda la intervención para reducir o mitigar las exposiciones.

Si la ATSDR no puede determinar si es probable que las exposiciones pudieran haber resultado en efectos adversos para la salud, entonces recomienda investigaciones adicionales para clarificar la posibilidad de efectos adversos para la salud. De ser posible, las investigaciones adicionales pueden incluir nuevas muestras ambientales, biomonitorización, investigaciones epidemiológicas, reconstrucción de dosis u otros medios de reunir información que ayuden a aclarar la naturaleza indeterminada de la exposición.

Todos los documentos publicados, incluso la Evaluación de Salud Pública de la Base de la Fuerza Aérea Kelly o los documentos que hayan resultado de la misma, han sido sometidos a una revisión de expertos realizada por un panel independiente de expertos científicos. En cada documento final se incluyen los comentarios y respuestas de la ATSDR hechos durante la revisión de expertos

En la Base Aérea Kelly, la ATSDR encontró que la contaminación originada en la base no se estaba propagando *en ese momento* en la comunidad en niveles que pudieran tener consecuencias en la salud o que no estaba ocurriendo la exposición. Se investigaron las emisiones atmosféricas ocurridas en el pasado a fin de calcular los niveles de contaminación potenciales que pudieron haber ocurrido en el pasado y examinar la posibilidad de que las consecuencias en la salud notificadas pudieran haber resultado de las exposiciones ocurridas en el pasado. En este documento, la ATSDR elabora conclusiones y hace recomendaciones para que se realicen investigaciones adicionales.

## **II. Respuesta a comentarios específicos**

### ***Fuentes de información***

*Comentario: ¿Incluyó la ATSDR las operaciones de remoción de pinturas, electroplateado y de la cámara de pruebas de motores de chorro?*

*Respuesta:* La adquisición de los datos empleados en este informe se presenta a partir de la página 9. En general, los datos de las emisiones industriales provinieron de la información específica recogida por la Fuerza Aérea y sus contratistas a petición de la ATSDR. El trabajo de la ATSDR con la Fuerza Aérea y sus contratistas, generó un informe inicial y dos informes de seguimiento. Estos informes consistieron en una recopilación de edificios, sus operaciones y las sustancias químicas emitidas al aire. La

lista de edificios y emisiones industriales aparecen en el Apéndice B, Anexo 1, e incluye las operaciones de remoción de pinturas, electroplateado y de la cámara de pruebas de motores de chorro.

Los datos provenientes de las emisiones de aviones provinieron de los informes de la Fuerza Aérea en los que se detalla la especiación de las emisiones provenientes de diferentes motores de aviones y las características operacionales generales como el tiempo empleado en el rodaje por la pista. La información sobre el número de operaciones de aviones provino de la Fuerza Aérea y el Departamento de Justicia. En este informe se incluye la fuente de esta información.

*Comentario:* ¿Tiene el *Alamo Area Council of Governments* información sobre las emisiones atmosféricas ocurridas en el pasado?

*Respuesta:* La ATSDR revisó los datos disponibles proporcionados por el *Alamo Area Council of Governments (AACG)* en busca de información sobre las emisiones atmosféricas ocurridas en el pasado. Los datos sobre las emisiones que el AACG recopiló incluyen un inventario de emisiones en un área de 12 condados correspondientes a los años 1996, 1999 y 2002. Debido a que la evaluación de la ATSDR de las emisiones atmosféricas ocurridas en el pasado es para el período anterior a 1996, estos datos no tienen vigencia.

*Comentario:* ¿Tuvo en cuenta la ATSDR los derrames y emisiones accidentales?

*Respuesta:* La ATSDR sí tuvo en cuenta los derrames y emisiones accidentales. La ATSDR trató el Derrame de la calle Tampa en una consulta de salud de 1997 (*Tampa Street Spill Health Consultation, 1997*). En el inventario de emisiones se incluyeron y se trataron las emisiones de tipo furtivo como goteras y derrames rutinarios.

No se dio consideración adicional a otros derrames no habituales debido a los siguientes tres motivos:

20. la fuente predominante de exposiciones a largo plazo fue el escape de las operaciones de rutina de los aviones,
21. las emisiones atmosféricas provenientes de derrames o emisiones accidentales son intermitentes y a corto plazo, y
22. no hay datos disponibles para la mayoría de los derrames o emisiones accidentales y el pronóstico de la tasa de emisiones y la posible exposición estarían sujetos a más incertidumbre que lo estaría el modelado completado para las fuentes industriales y de aviones.

*Comentario:* ¿Qué pasa con las emisiones provenientes del escape de vapores del suelo a la atmósfera?

*Respuesta:* Esta consulta tiene que ver con las emisiones atmosféricas ocurridas en el pasado que se originaron en la base. Dependiendo de la ubicación, la volatilización de las aguas subterráneas se trató anteriormente en la Evaluación de Salud Pública de 1999 o se tratará en el informe de East Kelly. Las emisiones provenientes del escape de vapores del suelo a la atmósfera no se consideran un motivo de preocupación debido a que las tasas

de emisión serían muy bajas. Los vapores provenientes de la contaminación del subsuelo son una preocupación si los vapores están atrapados en una estructura cerrada como, por ejemplo, una casa. El gas proveniente del suelo se trató en la evaluación de salud pública. El informe de East Kelly analiza la penetración de los vapores provenientes del subsuelo en las casas. Los vapores que se originan en derrames en la superficie podrían ser un motivo de preocupación si se saturan los suelos y tales derrames consisten de descargas libres. El párrafo anterior analiza estos derrames.

*Comentario:* Se necesita más información sobre el incinerador de cianuro.

*Respuesta:* La consulta de salud sobre emisiones atmosféricas ocurridas en el pasado informa que la Fuerza Aérea indicó que el incinerador de cianuro de hecho funcionó durante menos de un año y no se mantuvo ningún dato. El Sr. William Ryan, de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos (USAF), manifestó al RAB que la información recopilada sobre el sitio del incinerador de cianuro indicó que se designó al sitio como la Unidad Operacional OT-1 durante el período de 1977-82 y que albergaba un incinerador. Algunas personas malentendieron lo anterior como que un incinerador estuvo funcionando durante este período de tiempo completo. Se solicitó información adicional a la Fuerza Aérea, pero hasta ahora no se ha encontrado ningún dato. En caso de que se encuentren datos después de la publicación de este documento, la ATSDR evaluará esos datos.

*Comentario:* ¿Se incluyeron las emisiones de los vehículos automotores?

*Respuesta:* La ATSDR no modeló las emisiones de automóviles y camiones en Kelly debido a que este tipo de emisiones es generalizado en las áreas urbanas. Por consiguiente, la ATSDR se centró en la fuente de exposición más grande, que fueron los aviones.

*Comentario:* ¿Por qué no incluir el período transcurrido entre 1918 y 1960?

*Respuesta:* No se incluyó el período transcurrido entre 1918 y 1960 debido a lo siguiente:

- Los datos ambientales para este período de tiempo son insuficientes.
- Antes de 1970, la Ley del Aire Limpio (en inglés, *Clean Air Act*) no reglamentaba los contaminantes atmosféricos peligrosos. Como consecuencia, el período de tiempo transcurrido entre 1918 y 1960 no se estudió. Prácticamente no había ninguna información y la incertidumbre habría sido demasiado grande.
- El uso de los motores de chorro aumentó de manera significativa después de 1960.
- La Guerra de Vietnam resultó en un aumento considerable en las operaciones y mantenimiento en la Base Aérea Kelly después de 1960.
- La población potencialmente expuesta aumentó de manera considerable a finales de la década de 1950 y en la década de 1960. El número de residentes en la zona en cuestión en relación con las emisiones atmosféricas ocurridas en el pasado (ver las Figuras A1 – A5 y la Figura B) fue 311 en 1920 y 11,326 en 1960. La mayoría de residentes ubicados en la zona en cuestión vivían en el código postal 78237 y representan aproximadamente un tercio de la población

en ese código postal, mientras que en otros códigos postales representan menos del 10%. En la Figura B se indica la población residente y no residente en la zona en cuestión. La evolución en el número de ocupantes se indica en las Figuras C-1 (1920), C-2 (1940), C-3 (1960) y C-4 (1980). Nótese que el área definida como North Kelly Gardens estuvo deshabitada en gran parte hasta mediados de la década de 1960.

- El Departamento de Salud de Texas comenzó a mantener datos sobre la incidencia del cáncer y un registro de defectos congénitos en 1990. Dado un período de latencia del cáncer de 20 a 30 años, el registro reflejaría la mayoría de los casos de cáncer presentados después de 1960, pero no antes. No se recopilaban datos sobre defectos congénitos antes de 1990.

*Comentario:* Se hicieron comentarios en los que se ponía en duda la fuente de los datos sobre emisiones utilizados en el modelado de dispersión, por ejemplo de dónde provenían los datos, de quién obtuvimos los datos, cuáles fueron los requisitos para recopilar la información y por qué se usaron referencias en vez de datos reales. Otros comentarios adicionales pusieron en duda por qué la ATSDR organizó la mayoría de los datos en apéndices.

*Respuesta:* La ATSDR no incluye todos los datos y narraciones provenientes de todos los documentos científicos e informes en sus documentos; la ATSDR depende del uso de referencias para documentar las fuentes de tal información. Con frecuencia se hace referencia a detalles extraídos de datos, documentos científicos e informes, y el lector debe consultar esas referencias si desea información adicional. Se incluyen datos relevantes en los documentos si los datos son difíciles de obtener o si se perciben como necesarios para evitar malentendidos. En esta consulta de salud sobre las emisiones ocurridas en el pasado, se incluye información sobre las emisiones en los apéndices de manera que la narración de la información presentada no se vea interrumpida. Pero se mantiene dentro del documento para conveniencia del lector.

### ***El modelo de dispersión atmosférica***

Se hicieron varios comentarios con respecto al enfoque utilizado en el modelo de dispersión atmosférica. Las emisiones ambientales y los modelos de dispersión son la única manera de calcular las concentraciones de aire en el pasado cuando no existen datos sobre muestras de aire, como ocurre en este caso. Los modelos tienen resultados inciertos debido a las incertidumbres presentes en los datos entrados, la naturaleza aproximada de los cálculos y parametrizaciones del modelo y la naturaleza estocástica (aleatoria) de la turbulencia atmosférica. Para manejar las incertidumbres, el enfoque de la ATSDR es usar un escenario en el que se tiene en cuenta el peor de los casos. En este caso, el escenario en el que se consideró el peor de los casos incluyó el uso de aviones con las tasas más altas de emisiones, un número alto de operaciones de aviones, coeficientes de dispersión rural y el tratamiento de todas las emisiones como gases (incluso los vapores) en oposición a sustancias particuladas.

La ATSDR empleó el modelo *Industrial Source Complex (ISC)* de la EPA debido a que es un modelo sólido recomendado por la EPA. Se recomendó el modelo ISC para modelar las emisiones de los aviones en base a las recomendaciones de los contratistas de la ATSDR, quienes son expertos nacionales en modelados de dispersión atmosférica.



La ATSDR no encontró ningún estudio sobre modelado de dispersión tóxica atmosférica en otras bases militares de los Estados Unidos. La ATSDR sí encontró un extenso estudio de sustancias tóxicas presentes en la atmósfera en los alrededores del aeropuerto Midway de Chicago. Este estudio incluyó las emisiones atmosféricas producidas por los aviones además de las emisiones de automóviles y camiones. La ATSDR revisó este informe durante la elaboración del modelado en la Base Aérea Kelly. La ATSDR no modeló las emisiones de automóviles y camiones en Kelly debido a que estos tipos de emisiones son generalizadas en áreas urbanas.

### ***Reglamentaciones, permisos y conformidad***

Muchos comentarios estuvieron relacionados con las reglamentaciones, permisos y conformidad con las disposiciones que rigen las emisiones atmosféricas. El propósito de la evaluación de salud pública de la ATSDR no era revisar la conformidad con las reglamentaciones por parte de la Base Aérea Kelly, sino identificar el tipo y la cantidad de emisiones atmosféricas, sus ubicaciones y el período de tiempo en que ocurrieron las emisiones. Estos datos pueden provenir de la información relacionada con permisos y conformidades, como también de los documentos sobre la seguridad de los trabajadores y de documentos sobre el diseño de fabricación y funcionamiento. La ATSDR utilizó toda la información disponible.

En cuanto a las sustancias tóxicas presentes en la atmósfera que la ATSDR evaluó en este estudio, por experiencia la ATSDR sabe que los requisitos más antiguos relacionados con permisos, generalmente antes de 1985, proveen información sobre el tipo de operaciones e **indirectamente** sobre el tipo de sustancias químicas que emiten. Debido a los antecedentes de la Ley del Aire Limpio y sus requisitos, las disposiciones ambientales, los permisos y la información sobre la conformidad **no** proveen información indirecta sobre los tipos y las tasas de emisión de las emisiones más antiguas, generalmente anteriores a 1985.

Las reglamentaciones promulgadas bajo la Ley del Aire Limpio (convertidas inicialmente en ley en 1963 y enmendadas numerosas veces) se centraron inicialmente en los criterios sobre los contaminantes atmosféricos (comenzando con las enmiendas de 1970<sup>2</sup>), que incluyeron ozono, materias particuladas, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y plomo.

Las Enmiendas de la Ley del Aire Limpio de 1970 establecieron los primeros requisitos para las Normas Nacionales de Emisión de Contaminantes Atmosféricos Peligrosos (NESHAPS, por sus siglas en inglés). Las normas NESHAPS en la [enmienda de 1970](#) reglamentaron las instalaciones nuevas que emitían plomo, mercurio, cadmio y asbestos. Con el transcurso de los años se han agregado contaminantes atmosféricos adicionales.

---

<sup>2</sup> La Ley del Aire Limpio y otra legislación sobre el control de contaminantes atmosféricos anterior a 1970 no estableció disposiciones pertinentes para los contaminantes atmosféricos peligrosos según los define USEPA.

Por ejemplo, se agregó el cromo en 1985. Para una lista de estos contaminantes y los datos correspondientes, véase la Tabla 1 en este Apéndice y CFR §61.01.<sup>3</sup>

Se exigieron controles de las emisiones de los motores de los aviones [40 CFR §87] a partir de las enmiendas a la Ley del Aire Limpio de 1967. Los límites de las emisiones de hidrocarburos originados en los motores de los aviones entraron en vigencia para todos los motores fabricados después del 1 de enero de 1984. No existen límites para los contaminantes atmosféricos peligrosos presentes en las emisiones de los motores de los aviones.

En 1990 se enmendaron las normas de NESHAP y se reorganizaron en categorías según la fuente como tintorerías, refinerías de petróleo o producción de aceites vegetales. Las enmiendas de 1990 especificaron que estas fuentes debían cumplir con la normas de emisiones basada en la tecnología de control alcanzable máximo (MACT, por sus siglas en inglés) por categoría según la fuente. Estas categorías de fuentes no reemplazaban sino que complementaban los requisitos específicos de contaminantes enumerados en la Tabla 1. Lo que se considera alcanzable se basa en instalaciones con el mejor rendimiento en el funcionamiento en el momento y no en la cantidad máxima de control o cantidad mínima de riesgo.

Como resultado de los requisitos de la Ley del Aire Limpio, no existe información sobre las reglamentaciones ambientales, los permisos y la información sobre la conformidad para los contaminantes atmosféricos peligrosos antes de 1970 y se limitan a ocho contaminantes atmosféricos peligrosos desde 1970 hasta aproximadamente 1984. De 1984 a 1985 se agregaron reglamentaciones para 25 contaminantes atmosféricos.

Cuando correspondía, se revisó la información requerida por la Ley del Aire Limpio a fin de verificar el inventario de emisiones. Esto no habría incluido una revisión de todos los eventos relacionados con la conformidad, sino los eventos relacionados con la no conformidad que hubieran proporcionado información sobre las emisiones. Con base en las diferentes fechas de promulgación, por lo general los requisitos se limitaron a después de 1985. Antes de 1970, la Ley del Aire no reglamentaba los contaminantes atmosféricos peligrosos. Como resultado, el período de tiempo transcurrido entre 1918 y 1960 no se estudió. Prácticamente no había información y la incertidumbre habría sido demasiado grande.

### ***Armas radioactivas***

Un comentario puso en duda si la ATSDR había investigado la exposición a las armas radioactivas en eventos conocidos en la jerga militar como *broken arrows*. El tema radioactivo se cubrió en tres informes de la ATSDR. El término “*broken arrow*” se define como un evento inesperado que tiene que ver con armas nucleares y que resulta en el lanzamiento, disparo, detonación, robo o pérdida accidentales del arma. La ATSDR no tiene conocimiento de incidentes de tipo *broken arrow* en la Base Aérea Kelly.

---

<sup>3</sup> <http://www.access.gpo.gov/cgi-bin/cfrassemble.cgi?title=200440>

### ***Exposición y toxicidad***

En varios comentarios se manifestó la preocupación sobre la naturaleza de la exposición, las posibles consecuencias en la salud y los cálculos hechos al evaluar los riesgos. La consideración de cada una de estas preocupaciones debe partir de la premisa de que la exposición no necesariamente provoca una enfermedad. Los contaminantes que pueden causar cáncer en algunos escenarios de exposición no lo hacen en cada escenario en el que ocurre la exposición. La exposición debe ocurrir en una concentración lo suficientemente alta de contaminantes y estar presente por un período de tiempo suficiente para producir anomalías genéticas celulares hereditarias. La ATSDR describe las exposiciones que ocurren por encima de los niveles que se cree que están a salvo de provocar el cáncer y por debajo de los niveles que se cree que pueden constituir un peligro al calcular un estimado del riesgo de cáncer por medio de la exposición en sitios específicos. Este riesgo calculado es un estimado de la probabilidad de que una exposición resulte en un efecto de cáncer en la salud. Este riesgo es un cálculo basado en efectos observados en animales o seres humanos, según estén disponibles, y extrapolados por debajo de niveles observados a niveles ambientales, con ajustes para las incertidumbres en el conocimiento científico y en las poblaciones expuestas.

Varios comentarios tuvieron que ver con los datos toxicológicos disponibles y la necesidad de más información. La ATSDR utilizó la mejor información científica disponible. La ATSDR está de acuerdo en que se deben realizar más investigaciones para definir mejor los efectos específicos sobre la salud que se esperan de la exposición de seres humanos a dosis específicas de sustancias químicas específicas o de las combinaciones de sustancias químicas.

En varios comentarios se manifestó la preocupación sobre las mujeres embarazadas y los niños. Los asuntos que tienen que ver con la exposición de los trabajadores están bajo la autoridad de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) y del Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) y, por consiguiente, no es apropiado que la ATSDR investigue las exposiciones de los trabajadores en ambientes de trabajo reglamentados. Los efectos en la salud del feto a raíz de las exposiciones en la base de las trabajadoras fuera del ambiente de trabajo reglamentado no aparecerían registrados en un estudio de mortalidad de los trabajadores y es posible que no aparezcan registrados en los datos sobre las consecuencias en la salud. Tal como se informó anteriormente, se le pidió a la ATSDR que investigara las posibles exposiciones que pueden haber resultado en las preocupaciones de salud que se reportaron en la comunidad. Los efectos en la salud del feto debidos a exposiciones maternas en la base fuera del ambiente de trabajo reglamentado necesitarían ser tratadas individualmente e involucrarían el seguimiento de las trabajadoras que continúan en sus labores mientras están embarazadas y que pueden haber estado expuestas a los contaminantes fuera del ambiente de trabajo reglamentado. El Departamento Estatal de Servicios de Salud de Texas está investigando las consecuencias adversas en los nacimientos ocurridas en los alrededores de la Base Aérea Kelly.

Los cálculos más altos de benceno y 1, 3-butadieno en relación con la concentración de aire ambiental en la base fueron aproximadamente el doble de las concentraciones más altas fuera de la base y se expresaron como una concentración promedio anual. Mientras que la exposición a esta concentración de sustancias químicas individuales no sería considerada un peligro de salud

pública, se desconocen las fluctuaciones a corto término provenientes del promedio anual, como también se desconocen los efectos en la salud del feto (especialmente en cuanto a la combinación de sustancias químicas). Es posible que las exposiciones hayan sido más altas por cortos períodos de tiempo, pero no hay datos para percibir detalles específicos. En esta consulta de salud, la ATSDR recomendó realizar investigaciones adicionales sobre los casos de leucemia (la consecuencia en la salud más reconocida causada por la exposición al benceno y al 1, 3-butadieno) en los códigos postales que se encuentran en la dirección predominante del viento y que han demostrado tener elevaciones en los casos de leucemia, según se documentó en la Evaluación de Salud Pública de la Base de la Fuerza Aérea Kelly realizada por la ATSDR en 1999.

Los temas relacionados con la salud infantil se tratan de la manera apropiada en cada documento y según se relacionan con la contaminación tratada en ese documento. En la consulta de salud sobre las emisiones atmosféricas ocurridas en el pasado, los temas relacionados con la salud infantil aparecen en las páginas 13 y 14 bajo el título Poblaciones susceptibles, Niños (Consideraciones sobre la salud de los niños)

Un comentario tuvo que ver con la preocupación sobre el formato del informe y puso en duda el motivo por el que se puso la información detallada en los apéndices. La ATSDR organizó este informe según se describe en el Prólogo. “La información en este documento está organizada de manera que mejore la legibilidad por parte del público al colocar los detalles científicos y metodológicos en apéndices. La sección principal del documento contiene el resumen de la evaluación de salud pública y se ha colocado la información de apoyo en los apéndices”.

### ***Diversas preocupaciones***

Varias preguntas tuvieron que ver con las emisiones de cromo. La evaluación de las emisiones de cromo hexavalente se describen en el documento y, por consiguiente, las respuestas a los comentarios se pueden encontrar en el documento. Las conclusiones aparecen en la sección Conclusiones, y se hacen recomendaciones para tratar las conclusiones indeterminadas en la siguiente sección titulada Recomendaciones.

Hubo un número de comentarios no relacionados con las emisiones atmosféricas ocurridas en el pasado que se resumen y se responden en este documento.

En varios comentarios se manifestó la preocupación en cuanto a las omisiones de la consulta de salud sobre las emisiones atmosféricas ocurridas en el pasado. Sin embargo, estas omisiones no tienen que ver con las emisiones atmosféricas ocurridas en el pasado y se trataron en las evaluaciones de salud pública y en las consultas de salud anteriores o se tratarán en la evaluación de salud pública de East Kelly.

Un comentario tuvo que ver con las preguntas que surgieron a raíz de una presentación hecha por el Dr. Warner Reeser al RAB. La ATSDR no está familiarizada con la presentación del Dr. Reeser y, por consiguiente, no sería apropiado que la ATSDR hiciera comentarios a las preguntas y comentarios dirigidos al Dr. Reeser en relación con la presentación que él hizo al RAB de la Base Aérea Kelly.

Se hicieron varios comentarios relacionados con los suelos y el agua. En particular, se manifestaron preocupaciones sobre las concentraciones de benzo[a]pireno en la Zona 3 y el Edwards Aquifer. En la Evaluación de Salud Pública de la Base de la Fuerza Aérea Kelly de 1999 se trataron estas preocupaciones.

Un número de comentarios tuvo que ver con el uso del Agente Naranja empleado en la base y fuera de la misma como herbicida. Como parte de la evaluación de salud pública original, la ATSDR revisó los datos relacionados con los suelos en la base para detectar sustancias químicas en las que estuviera presente el Agente Naranja y no se encontró exposición a esas sustancias químicas que pudiera considerarse una amenaza a la salud pública. El uso del Agente Naranja fuera de la base como herbicida está fuera del alcance del trabajo relacionado con la petición que involucra a la Base Aérea Kelly.

Un comentario tuvo que ver con el uso de aceites de transformadores y los estudios realizados en el pasado sobre los mismos. Cualquier derrame identificado de aceite de transformadores habría sido investigado como parte del programa de restauración ambiental. La investigación sobre los estudios de salud relacionados con los aceites de transformadores está fuera del alcance de esta investigación. En el pasado los aceites de transformadores estaban contaminados con PCBs. En las publicaciones científicas abundan las evaluaciones toxicológicas de los PCBs. El perfil toxicológico de la ATSDR proporciona un resumen de este trabajo (se remite al lector al siguiente sitio web: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp17.html>).

La mejor manera de responder a los comentarios que tienen que ver con proveer exámenes médicos e investigar las historias clínicas para clarificar el estado de salud de la comunidad es investigar los datos relacionados con las consecuencias en la salud. La ATSDR ha hecho recomendaciones adecuadas para las investigaciones de los datos sobre las consecuencias en la salud.

Los comentarios relacionados con la educación sobre la salud se trataron anteriormente en la sección Comentarios generales de este apéndice.

### **Comentarios hechos al RAB por el contratista bajo el programa de subsidio TAPP.**

*Comentario:* No hubo intento de modelar las concentraciones de metales en las exposiciones fuera de la base aparte del cromo.

*Respuesta:* En la página 8, la ATSDR indica: los contaminantes cuyo uso en el pasado era similar al uso actual no se modelaron durante la Fase II si el modelado de la Fase I no parecía indicar una preocupación de salud pública y la ubicación de la fuente o la altura de la chimenea también eran similares.

*Comentarios:* La comparación de las exposiciones residenciales con valores de exposición ocupacional (Tabla B-8) tiene limitaciones críticas.

*Respuesta:* La ATSDR no comparó las exposiciones residenciales con las exposiciones ocupacionales. La ATSDR provee información científica en el documento para ofrecerle al lector una perspectiva ya que la ATSDR busca ser imparcial y transparente en la

preparación del informe sobre los posibles efectos en la salud originados en las exposiciones ambientales. Para evitar tales malentendidos, la ATSDR define lo que constituyen las exposiciones ocupacionales en la página 56 y en la página 69.

*Comentario:* Debido al hecho de que los datos disponibles para este estudio no son exhaustivos (es decir, falta información sobre los metales, falta la especiación del combustible JP-4, faltan las materias particuladas)... Sería más adecuado concluir que los contaminantes individuales presentan un peligro indeterminado para la salud.

*Respuesta:* El tema de los metales se trata en la respuesta al primer comentario. Las suposiciones sobre la especiación, los cálculos y las fuentes de información del combustible JP-4 aparecen en el Apéndice B. La ATSDR supuso que toda la contaminación podía ser inhalada sin importar que estuviera en una fase de materias particuladas, gases o vapores. Las conclusiones de la ATSDR se basan en las suposiciones especificadas.

*Comentario:* Una conclusión de peligro de salud indeterminado también se justifica en base a si se tiene en cuenta que no se han reconocido los peligros crónicos aparentes de salud no relacionados con el cáncer.

*Respuesta:* El hecho de que se exceda un valor de comparación no indica que los efectos en la salud sean probables, aunque sí parecen indicar evaluaciones adicionales. La ATSDR consideró los peligros crónicos de salud no relacionados con el cáncer y no encontró ningún peligro aparente para la salud. La ATSDR ha incluido información adicional en el informe final a fin de que los criterios empleados en la evaluación sean más transparentes. Además, se cometió un error al citar el valor de comparación del 1,3-butadieno, pero se corrigió en el informe final.

*Comentario:* No se ha especificado el nivel de riesgo del cáncer para los valores CREG de la ATSDR.

*Respuesta:* La ATSDR había agregado este valor (1E-06) para las exposiciones continuas de por vida en el informe final.

*Comentario:* No está claro por qué las sustancias químicas en cuestión originadas en las emisiones estacionarias... no se incluyeron en la tabla de resumen de emisiones estacionarias y de aviones (Tabla B-8).

*Respuesta:* Debido a que las emisiones de los aviones representaban el mayor riesgo, se incluyeron en la tabla los aportes de la misma sustancia química provenientes de las emisiones industriales junto con las emisiones de los aviones. Otras emisiones industriales fueron insignificantes al compararlas con las emisiones de los aviones y no se incluyeron.

*Comentario:* En la página 35, el informe especifica que seis sustancias químicas tomadas de la Tabla B-5 se seleccionaron para realizar el modelado en base a las tasas de emisión y a la toxicidad. Se necesita información adicional con respecto al proceso de selección. ¿Se aplicaron criterios en el proceso de selección? En caso afirmativo, ¿qué criterios se usaron y por qué?

*Respuesta:* La ATSDR seleccionó los contaminantes individuales con el mayor potencial de efectos tóxicos al considerar las emisiones más altas y el punto final tóxico más sensitivo de cada sustancia química. Estos resultados se obtuvieron al realizar un modelo de dispersión atmosférica de selección. Para ello se empleó un solo punto de descarga en la pista de aterrizaje para todas las emisiones. Dado que los resultados del modelo de selección indicaban que era necesario realizar un modelo más detallado, al completarse después dicho modelo, la inclusión de la información relacionada con el proceso de selección no fue necesaria y no se incluyó.

*Comentario:* Si se tienen en cuenta las comparaciones presentadas en las Figuras B-6 y B-7, parece como si los niveles de benceno y 1,3-butadieno fueran inaceptablemente cercanos a “los niveles encontrados en un bar lleno de humo”.

*Respuesta:* La ATSDR notificó los niveles a partir de documentos científicos para la perspectiva del lector. La ATSDR no está evaluando el riesgo de salud en un “bar lleno de humo”.

*Comentario:* Los datos provenientes de las emisiones atmosféricas de cromo hexavalente ocurridas en el pasado (antes de 1980) no fueron suficientes para evaluar las implicaciones sobre la salud pública y presentaron un riesgo indeterminado para la salud. Ésta es una conclusión muy adecuada. Sin embargo, no está claro por qué los datos que estaban disponibles después de 1980 no se utilizaron para evaluar el riesgo de las poblaciones fuera de la base durante este período de tiempo.

*Respuesta:* En la página 8, la ATSDR indica: los contaminantes cuyo uso en el pasado era similar al uso actual no se modelaron durante la Fase II si el modelado de la Fase I no parecía indicar una preocupación de salud pública y la ubicación de la fuente o la altura de la chimenea también eran similares.

*Comentario:* En la mayoría de las evaluaciones de riesgos, se supone un valor predeterminado de aditividad si no se tiene información específica sobre las interacciones de las sustancias químicas presentes en las mezclas. Puesto que la leucemia es el tipo de cáncer que causa preocupación en cuanto al benceno, al 1,3 butadieno y al formaldehído, sería adecuado por lo menos hacer un cálculo de los efectos combinados de la exposición a estas tres sustancias químicas (basadas en los datos presentados en la Tabla B-8).

...Esto debería incluirse en el texto del documento para hacer énfasis en la importancia de considerar los efectos cumulativos de múltiples sustancias químicas.

*Respuesta:* La ATSDR proporcionó la información tanto en una tabla (Tabla C-1, página 78) como en un análisis, páginas 73-76.

*Comentario:* Se hicieron varios comentarios sobre el significado de la categoría de peligro indeterminado para la salud de la ATSDR.

*Respuesta:* A continuación se proporciona clarificación sobre las Categorías de peligro para la salud pública de la ATSDR.

## **CATEGORÍA C: PELIGRO INDETERMINADO PARA LA SALUD PÚBLICA**

Esta categoría se usa en sitios donde no se puede dar una opinión profesional sobre el nivel de peligro debido a que falta información crítica para llegar a tal decisión.

Criterios:

Esta categoría se utiliza en sitios en que los datos “críticos” son insuficientes con respecto al alcance de la exposición y/o a las propiedades toxicológicas en los niveles de exposición calculados. El evaluador de la salud debe utilizar su criterio profesional para determinar el carácter crítico de tales datos y **las probabilidades de que tales datos puedan obtenerse a tiempo**. Cuando haya algunos datos disponibles, aunque sean datos limitados, se recomienda que, en la medida de lo posible, el evaluador de salud seleccione otras categorías de peligro y apoye su decisión con narraciones claras que expliquen los límites de los datos y los motivos en los que basa su decisión.

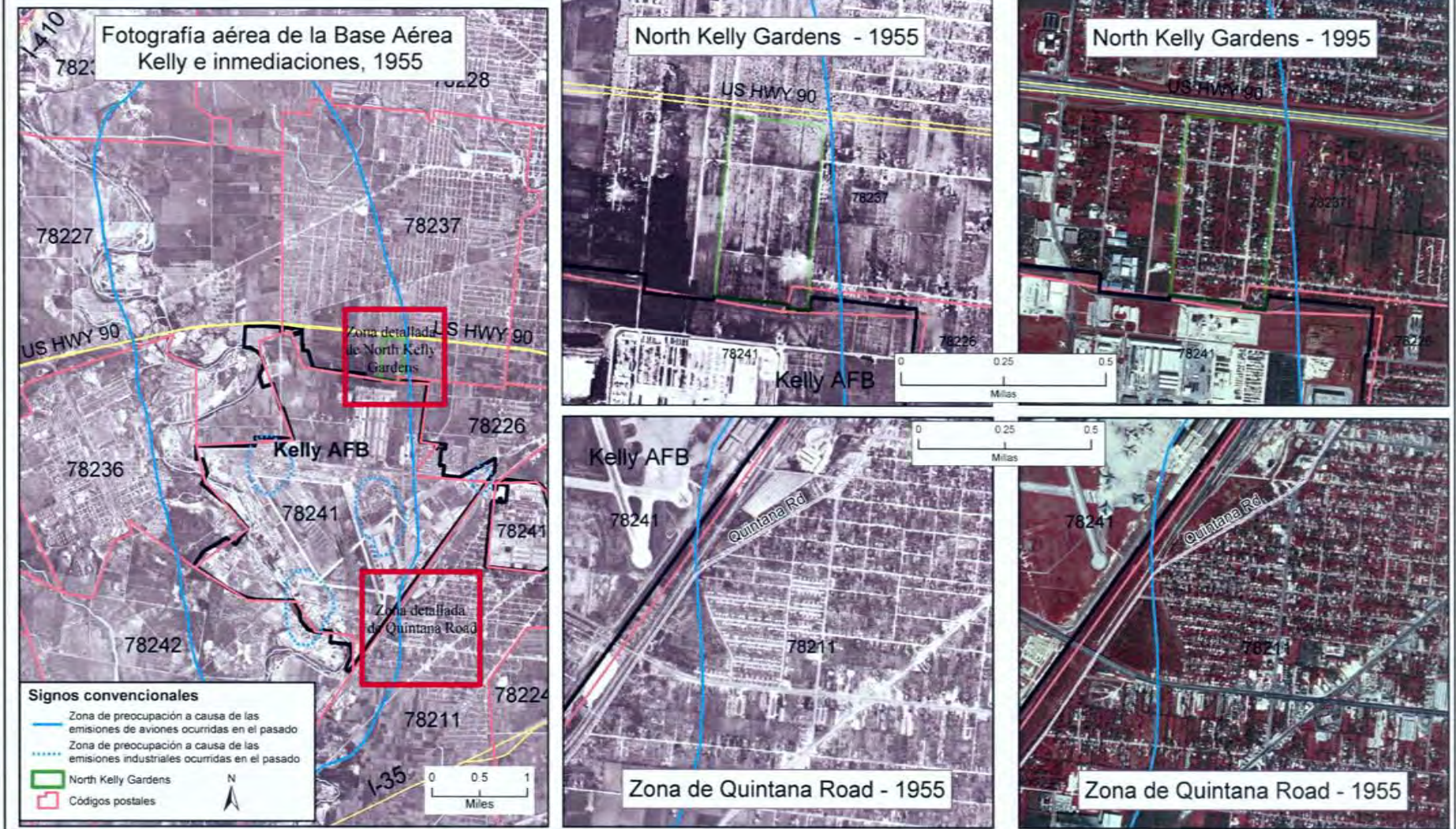
La razón usada por el evaluador de salud era que aunque los niveles de contaminantes individuales no habrían de indicar una preocupación de salud pública, se desconoce el efecto que múltiples sustancias químicas (benceno, 1, 3-butadieno y formaldehído) pudieran tener a través de la inhalación. Aunque la aditividad de los cálculos de riesgo de estas sustancias químicas no indica un peligro de salud pública, la incertidumbre en la naturaleza representativa de los datos como también las posibles interacciones de estas sustancias químicas (se ha relacionado el benceno, el 1, 3-butadieno y el formaldehído con la aparición de la leucemia) excluyen que se considere esta exposición como un peligro de salud no aparente. En vista de las incertidumbres y de los elevados resultados de leucemia en los códigos postales localizados en la dirección del viento reportados anteriormente por la ATSDR, la ATSDR considera las exposiciones como indeterminadas debido a que se podrían realizar actividades adicionales para clarificar la existencia de un peligro de salud pública. Como consecuencia de esta razón, la ATSDR recomendó investigaciones adicionales de los resultados de leucemia en los códigos postales localizados en la dirección predominante del viento.



Figura A

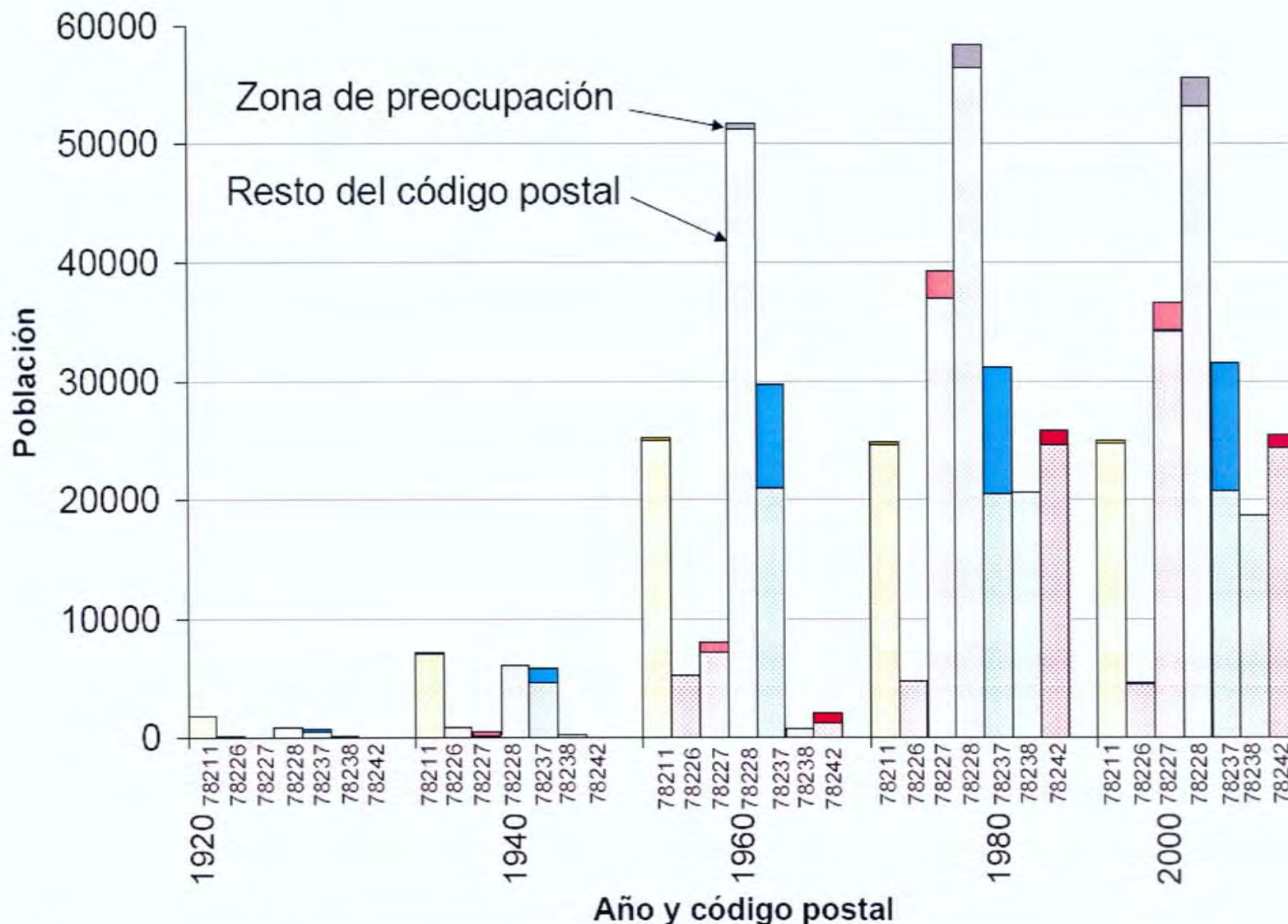
### Crecimiento urbano en las inmediaciones de la Base de la Fuerza Aérea Kelly en 1955 y 1995

Fuentes: fotógrafo aéreo de la USDA (1:20000) fotógrafo aéreo de 1995 de VARGIS de Hemdon, VA para el Programa Texas Orthoimagery (1 metro). Aérea de preocupación del modelo de dispersión de aire de ATSDR





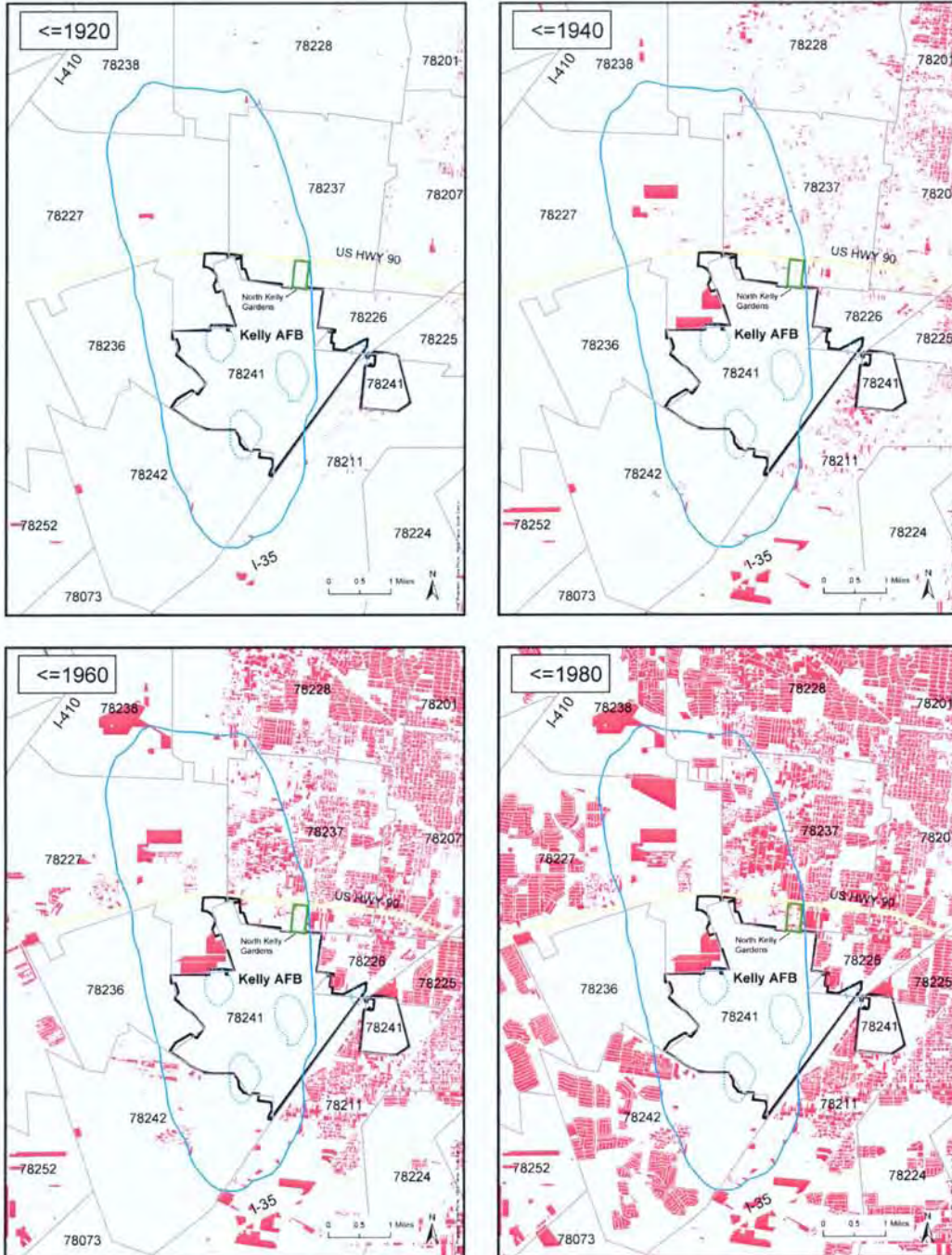
**Figura B: Población que reside en la zona de preocupación y fuera de la misma en cada código postal**








Nota: La población se basa en los datos de los impuestos sobre la propiedad de las parcelas y en la proporción del número de habitaciones en los códigos postales y en zonas de preocupación en comparación a la población censada en el condado de Bexar. No se incluyen los códigos postales en las inmediaciones de la Base Aérea Lackland (78236) y la Base Aérea Kelly (78241) debido a que los datos de los impuestos sobre la propiedad de las parcelas no incluyen las viviendas militares. Los datos de los impuestos sobre la propiedad de las parcelas no incluyen las habitaciones en los edificios compuestos por unidades múltiples. Esto significa que se ha subestimado el número total de habitaciones. Debido a que las poblaciones se basan en el número relativo de habitaciones en el condado, se subestima la población del código postal y se sobrecalcula ligeramente la población en la zona de preocupación.

## Figura C

### Crecimiento histórico de las propiedades residenciales cerca de la Base de la Fuerza Aérea Kelly



Signos convencionales	
	Fecha de construcción de los edificios
	Zona de exposición de mayor preocupación a causa de las emisiones atmosféricas de los aviones ocurridas en el pasado (1964 to 1995)
	Zona de exposición de mayor preocupación a causa de las emisiones atmosféricas industriales ocurridas en el pasado (1964 to 1995)
	Código postal
	Parcela según el impuesto sobre la propiedad residencial

Fuente: Datos de impuestos de parcelas de propiedad del Condado Bexar Distrito de Valoración, 2004. Propiedad residencial seleccionada por propiedad de 1 o más dormitorios o una mejora o código estatal que indica residencial; área de exposición de preocupación por el modelado de dispersión de aire (vea la consulta de salud de ATSDR sobre Emisiones del Aire en el Pasado, Kelly AFB, 2004); Códigos postales de ESRI; highways de Wessex Street y Bordos (ahora parte de la Tele Atlas).



### **Cuadro 1.**

Lista de contaminantes en 40 CFR Part 61--Normas Nacionales  
de Emisión de Contaminantes Atmosféricos Peligrosos  
(NESHAPS, por sus siglas en inglés)

40 CFR §61.01 (a)

Asbestos (36 FR 5931; 31 de marzo de 1971)  
Benceno (42 FR 29332; 8 de junio de 1977)  
Berilio (36 FR 5931; 31 de marzo de 1971)  
Emisiones del horno de coque (49 FR 36560; 18 de septiembre de 1984)  
Arsénico inorgánico (45 FR 37886; 5 de junio de 1980)  
Mercurio (36 FR 5931; 31 de marzo de 1971)  
Radionúclidos (44 FR 76738; 27 de diciembre de 1979)  
Cloruro de vinilo (40 FR 59532; 24 de diciembre de 1975)

40 CFR §61.01 (b)

Acrilonitrilo (50 FR 24319; 10 de junio de 1985)  
1,3-Butadieno (50 FR 41466; 10 de octubre de 1985)  
Cadmio (50 FR 42000; 16 de octubre de 1985)  
Tetracloruro de carbono (50 FR 32621; 13 de agosto de 1985)  
Bencenos clorados (50 FR 32628; 13 de agosto de 1985)  
Clorofluorocarburo--113 (50 FR 24313; 10 de junio de 1985)  
Cloroformo (50 FR 39626; 27 de septiembre de 1985)  
Cloropreno (50 FR 39632; 27 de septiembre de 1985)  
Cromo (50 FR 24317; 10 de junio de 1985)  
Cobre (52 FR 5496; 23 de febrero de 1987)  
Epiclorohidrina (50 FR 24575; 11 de junio de 1985)  
Dicloruro de etileno (50 FR 41994; 16 de octubre de 1985)  
Óxido de etileno (50 FR 40286; 2 de octubre de 1985)  
Hexaclorociclopentadieno (50 FR 40154; 1 de octubre de 1985)  
Manganeso (50 FR 32627; 13 de agosto de 1985)  
Cloroformo de metilo (50 FR 24314; 10 de junio de 1985)  
Cloruro de metileno (50 FR 42037; 17 de octubre de 1985)  
Níquel (51 FR 34135; 25 de septiembre de 1986)  
Percloroetileno (50 FR 52800; 26 de diciembre de 1985)  
Fenol (51 FR 22854; 23 de junio de 1986)  
Materia orgánica policíclica (49 FR 31680; 8 de agosto de 1984)  
Tolueno (49 FR 22195; 25 de mayo de 1984)  
Tricloroetileno (50 FR 52422; 23 de diciembre de 1985)  
Cloruro de vinilideno (50 FR 32632; 13 de agosto de 1985)  
Cinc y óxido de cinc (52 FR 32597, 28 de agosto de 1987)

## Referencias

23. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Public Health Assessment for Kelly AFB, Bexar County, San Antonio, Texas. Public Comment Draft. Atlanta: U.S. Health and Human Services; 1999.
24. Petitioner for Kelly AFB site. Petition letter to ATSDR. Atlanta, Georgia. April 8, 1996.
25. Smith LB, Zelnick S. Benzene Exposure Study During Aircraft Fuel Tank Entry. Presented at: International Conference on the Environmental Health and Safety of Jet Fuel; 1998 April. San Antonio.
26. Comment by USAF during public comment period. 1999. ATSDR Public Health Assessment. Kelly AFB. Final Report. Response to Comments. To be released Fall 2004.
27. Hansen H, De Rosa CT, Pohl H, Fay M, and Mumtaz MM. Public health challenges posed by chemical mixtures. *Environ Health Perspect* 1998; 106(6):1271–1280.
28. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Cancer policy framework. Atlanta: US Department of Health and Human Services; 1993.
29. Rogers FJ, Killough GG, Thompson SJ, Addy CL, McKeown RE, and Cowen DJ. Estimating environmental exposures to sulfur dioxide from multiple industrial sources for a case-control study. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology* 1999; 9(6): 535–545.
30. EARTH TECH, Inc. Final Report. Historical Air Emissions Estimate Report for Kelly AFB, San Antonio, TX. March 27, 2000.
31. EARTH TECH, Inc. Update to the Historical Air Emissions Estimate Report for Kelly AFB, San Antonio, TX. June 6, 2000.
32. EARTH TECH, Inc. Addendum to the Historical Air Emissions Estimate Report for Kelly AFB, San Antonio, TX. August 28, 2000. Transmitted by Charles Williams (Kelly AFB) on December 20, 2000
33. CH2MHill. Memo to CAPTAIN Brian Fitzgerald, Kelly AFB, concerning Bldg. 348 Incinerator Background. San Antonio, Texas. June 1. 2000.
34. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Agency Record of Activity. Telephone communication from CAPTAIN Brian Fitzgerald (Kelly AFB) to David Fowler (ATSDR). Atlanta, Georgia. June, 2000.
35. Kelly Air Force Base. 76th Medical Operations Squadron. Potential Health Hazard Assessment of Fugitive Vapor Emissions from 1500 Area Fuel Tanks. March 23, 1995.
36. US Air Force and Science Applications International Corporation. Draft Programmatic Environmental Impact Statement. Disposal of Kelly Air Force Base, Texas. San Antonio, Texas. January 1997.
37. Harris, Miller, Miller, & Hanson, Inc. Aircraft Noise in the Vicinity of Kelly Air Force Base, San Antonio Texas (Updated Report). Prepared for the U.S.

- Department of Justice. Lexington, MA. HMMH Report No. 292610-B. March 1994.
38. Spicer DW, Holdren MW, Smith DL, Miller SE, and Hughes DP. Aircraft Emissions Characterization, F101 and F110 Engines. Final Report. Engineering and Services Laboratory, Air Force Engineering and Services Center, Tyndall Air Force Base, ESL-TR-89-13. March, 1990.
  39. Air Force Institute for Environmental, Safety and Occupational Health Risk Analysis. Letter to David Fowler from Jody Wireman. Availability of Information Related to Unburned Fuel and Oil Misting Emissions From Aircraft Takeoffs and Landings. Brooks AFB, San Antonio, Texas. AFIERA-RS-BR-CL-2001-0011. February 13, 2001.
  40. Anderson B. Email record of personal communication regarding jet engine exhaust. Atmospheric Sciences Division, NASA Langley Research Center. February 1, 2001.
  41. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Benzene. Atlanta: US Department of Health and Human Services. 1997 September.
  42. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for 1,3-Butadiene. Atlanta: US Department of Health and Human Services. 1992 July.
  43. Hauptmann M, Lubin JH, Stewart PA, Hayes RB, and Blair A. Mortality from lymphohematopoietic malignancies among workers in formaldehyde industries. *J Nat Cancer Institute* 2003; 95(21):1615–23.
  44. Walrath J and Fraumeni JF Jr. Cancer and other causes of death among embalmers. *Cancer Research* 1984; 44:4638–41.
  45. Casanova-Schmitz M, Starr TB, and Heck H D' A. Differentiation between metabolic incorporation and covalent binding in the labeling of macromolecules in the rat nasal mucosa and bone marrow by inhaled [<sup>14</sup>C]-and [<sup>3</sup>H]formaldehyde. *Tox Appl Pharm* 1984; 76:26–44.
  46. Shaham J, Bomstein Y, Gurvich R, Rashkovsky M, and Kaufman Z. DNA-protein crosslinks and p53 protein expression in relation to occupational exposure to formaldehyde. *Occup Environ Med* 2003;60:403–09.
  47. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Health Outcome Data Evaluation Health Consultation. Public Comment Draft. Atlanta: US Department of Health and Human Services; 2001.
  48. Environmental Protection Agency National Center for Environmental Assessment. 1997. Chemical and Radiation Leukemogenesis in Humans and Rodents and the Value of Rodent Models for Assessing Risks of Lymphohematopoietic Cancers. Washington: Office of Research and Development. EPA/600/R-97/090.
  49. US Environmental Protection Agency. Carcinogenic Effects of Benzene: An Update. Washington: National Center for Environmental Assessment. April 1998. EPA/600/P-97/001F.

50. Daugherty ML. Toxicity Summary for Benzene. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee. September, 1992.
51. US Environmental Protection Agency. Health Risk Assessment of 1,3-Butadiene. External Review Draft. Washington: National Center for Environmental Assessment. January, 1998. NCEA-W-0267.
52. Melnick RL and Huff J. 1992. 1,3-butadiene: toxicity and carcinogenicity in laboratory animals and in humans. N.I.O.E.H. Sciences, ed., Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, New York. Springer-Verlag, p 111–114.
53. The Training Manual on Pediatric Environmental Health. Accessed on 12/05/01. <http://www.cehn.org/cehn/trainingmanual/manual-front.html>
54. Buckley JD, Robison LL, Swotinsky R, et al. Occupational exposures of parents of children with acute nonlymphocytic leukemia; a report from the childrens' cancer study group. *Cancer Res* 1989; 49:4030–4037.
55. Cancer. Principles and Practice of Oncology. 1993. Fourth Edition. Edited by DeVita VT Jr., Hellman S, Rosenberg SA. J.B. Lippincott Co., Philadelphia.
56. Alexander FE, Patheal SL, Biondi A, Brandalise S, Cabera M-E, et al. Transplacental chemical exposure and risk of infant leukemia with MLL gene fusion. *Cancer Res* 2001;61:2542–6.
57. Rosvold EA, McGlynn KA, Lustbader ED, and Buetow KH. Identification of an NAD(P)H:quinone oxidoreductase polymorphism and its association with lung cancer and smoking. *Pharmacogenetics* 1995;5:199–206.
58. Seaton, MJ, Schlosser PM, Bond JA, and Medinsky MA. Benzene metabolism by human liver microsomes in relation to cytochrome P450 2E1 activity. *Carcinogenesis* 1994;15:1799–1806.
59. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Public Health Assessment for Kelly AFB. Final Report. Atlanta: US Department of Health and Human Services. To be released in 2004.
60. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Methylene Chloride. Atlanta: US Department of Health and Human Services: 2000.
61. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Tetrachloroethylene. Atlanta: US Department of Health and Human Services: 1997.
62. RS Corporation. Kelly Air Force Base. Joint Use Supplemental Environmental Impact Statement. San Antonio, Texas. August 2000.
63. Kelly AFB. Official Pictorial History Book. [Http://137.242.1.211/Historybook.htm](http://137.242.1.211/Historybook.htm) [accessed 2/2/2001]
64. US Navy. US Navy Fuels Comparison Chart. US Naval Air Station, Fallon, NV.
65. Seitchek GD. US Air Force Aircraft Engine Emissions Estimator. November 1985. ESL-TR-85-14.

66. Naugle D et. al. US Air Force Aircraft Pollution Emission Factors and Landing and Takeoff (LTO). February 1975. AD/A-006239.
67. Kelly Air Force Base. Joint Use Supplemental Environmental Impact Statement. San Antonio, TX. August 2000.
68. Gale Research, 1980. *Climates of the States. Volume 2: Ohio-Wyoming*, Second Edition, Gale Research Company, Detroit, MI.
69. Federal Aviation Administration. EDMS (The Emissions and Dispersion Modeling System). Washington: Office of Environment and Energy, 1988.
70. Merricucci DF. US Air Force Aircraft Takeoff Length Distances and Climbout Profiles. October, 1974.
71. US Army Center for Health Promotion and Preventive Medicine Environmental Health Risk Assessment Program. Aircraft Emission Estimate and Air Dispersion Analysis of Past Emissions-DRAFT, Kelly Air Force Base. November 6, 2003.
72. California Environmental Protection Agency. CARB 1997. Toxic Air Contaminant Identification List Summaries, September 1997. Sacramento: Stationary Source Division, Substance Evaluation Section, California Air Resources Board, , Sacramento, CA.
73. Blair A, Saracci R, Stewart PA, et al. Epidemiologic evidence on the relationship between formaldehyde exposure and cancer. *Scand J Work Environ Health* 1990;16:381–393.
74. Collins JJ, Acquavella JF, Esmen NA. An updated meta-analysis of formaldehyde exposure and upper respiratory tract cancers. *J Occup Environ Med* 1997;39:639–651.
75. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Formaldehyde. Atlanta: US Department of Health and Human Services; 1999.
76. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Draft Guidelines for Assessment of Benzene in Air. Atlanta: Division of Health Assessment and Consultation. 2000.
77. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. External Peer Review Comments to Kelly AFB Public Health Assessment. August, 1999.
78. Macaluso M, Larson R, Delzell E, Sathiakumar N, Hovinga M, Julian J, Muir D, and Cole P. Leukemia and cumulative exposure to butadiene, styrene and benzene among workers in the synthetic rubber industry. *Toxicology* 1996;113: 190–202.
79. Ott MG, Townsend JC, Fishbeck WA, et al. Mortality among workers occupationally exposed to benzene. *Arch Environ Health* 1978;33:3–10.
80. Rinsky RA, Young RJ, Smith AB. Leukemia in benzene workers. *Am J Ind Med* 1981;2:217–245.
81. Delzell E, Sathiakumar N, Hovinga M, Macaluso M, Julian J, Larson R, Cole P, and Muir DC. A follow-up study of synthetic rubber workers. *Toxicology* 1996;113(1–3):182–9.
82. Casarett and Doull's Toxicology. 2001. Ed: Klaassen. Sixth Edition. **New York:** McGraw-Hill.



83. Duescher RJ and Elfarra AA. Human liver microsomes are efficient catalysts of 1,3-butadiene oxidation: evidence for major roles by cytochromes P450 2A6 and 2E1. *Arch Biochem Biophys* 1994;311:342–349.
84. Valentine RL, Lee SS, Seaton MJ, Asgharian B, Farris F, Corton JC, Gonzalez FJ, and Medinsky MA. Reduction of benzene metabolism and toxicity in mice that lack CYP2E1 expression. *Toxicol Appl Pharmacol* 1996;141:205–213.
85. Norppa H and Sorsa M. Genetic toxicity of 1,3-butadiene and styrene: International Agency for Research on Cancer, *Sci Publ* 1993; p.185–193.
86. National Institutes of Health. 1,3-Butadiene Criteria Document. ECETOC Working Group. 1993; TA:ECETOC Special Report PG:110. IP:VI:4.
87. Bond JA, Csanady GA, Leavens T, and Medinsky MA. Research strategy for assessing target tissue dosimetry of 1,3-butadiene in laboratory animals and humans. International Agency for Research on Cancer. *Sci Publ*, 1993; p. 45–55.5
88. National Toxicology Program. NTP technical report on the toxicology and carcinogenesis studies of 1,3-butadiene: (CAS no 106-99-0) in B6C3F1 mice (inhalation studies). National Toxicology Program 1993;p 391.
89. Heck Jd'A, Casanova M, Starr TB. Formaldehyde toxicity - new understanding. *Toxicology* 1990;20(6):397–426.