

DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

I.1. Datos generales del proyecto

1. **Clave del proyecto** **13HI2004V0007**

2. **Nombre del proyecto**

Valle Tizayuca

3. Datos del sector y tipo de proyecto

3.1 Sector

7. Transportes y Comunicaciones

3.2 Subsector

71. Transportes

Rama económica

7130 Transporte Aéreo (Transportación de pasajeros y/o carga por vía aérea en aeronaves de matrícula nacional o extranjera).

713011 Transporte aéreo regular en aeronaves de matrícula nacional. Transportación de pasajeros y/o carga por vía aérea, con rutas y horarios establecidos, en aeronaves de matrícula nacional; realizando vuelos en territorio nacional o desde el País al extranjero.

713012 Transporte aéreo regular en aeronaves de matrícula extranjera. Transportación de pasajeros y/o carga por vía aérea, con rutas y horarios establecidos, en aeronaves de matrícula extranjera; realizando vuelos de un País al extranjero.

713021 Aerotaxis y vuelos charter. Transportación de pasajeros y/o por vía aérea, en vuelos particulares o especiales sin horarios ni itinerarios.

3.3 Tipo de proyecto

El proyecto Valle Tizayuca, comprende entre otras obras el desarrollo del Aeropuerto Metropolitano de México, mismo que será presentado en este documento para su evaluación en materia de impacto ambiental.

4. Estudio de riesgo y su modalidad

Nivel 1 Informe Preliminar de Riesgo

5. Ubicación del proyecto

5.1. El proyecto Valle Tizayuca comprende los municipios de:

Zapotlán de Juárez, Villa de Tezontepec, Tolcayuca, Tizayuca, Zempoala, Mineral de la Reforma y Pachuca, todos ellos pertenecientes al Estado de Hidalgo.

Particularmente, el Aeropuerto Metropolitano de México esta ubicado en terrenos de los municipios de Zapotlán de Juárez y Villa de Tezontepec, en el Estado de Hidalgo. El predio en estudio se encuentra delimitado al Sureste por el camino de acceso a Villa de Tezontepec (cabecera municipal); al Noreste por la vía de ferrocarril México-Pachuca y terrenos de cultivo de temporal; al Noroeste con terrenos de cultivo de Zapotlán de Juárez, autopista Mexico-Pachuca y al Suroeste con la autopista México-Pachuca y terrenos de cultivo temporaleros.

5.2. Código postal

Zapotlán de Juárez, Hgo.	42190
Villa de Tezontepec, Hgo.	43880

5.3. Entidad federativa

Estado de Hidalgo

5.4. Municipio(s) o delegación(es)

El proyecto Valle Tizayuca involucra a los siguientes municipios del Estado de Hidalgo: Tizayuca, Villa de Tezontepec, Zapotlán de Juárez, Tolcayuca, Zempoala, Mineral de la Reforma y Pachuca, todos ellos localizados dentro del Estado de Hidalgo.

Particularmente, las obras relacionadas con el Aeropuerto Metropolitano de México, se ubican en terrenos de los municipios de Zapotlán de Juárez y Villa de Tezontepec, en el Estado de Hidalgo, motivo por el cual únicamente se manifiestan los códigos postales de estos dos municipios.

5.5. Localidad(es)

Localidades de los Municipios involucrados en el Proyecto Valle Tizayuca:

Villa de Tezontepec, Hgo.: Benito Juárez, El Magueyal.

Zapotlán de Juárez, Hgo.: San Javier.

Localidades de los Municipios involucrados en el desarrollo Aeropuerto Metropolitano de México: Villa de Tezontepec, Hgo.: Progreso, el área que comprende el proyecto no cuenta con ninguna vivienda, comunidad o barrio.

Zapotlán de Juárez, Hgo.: Ninguna vivienda dentro del polígono.

Se aclara que no existen asentamientos humanos sobre el polígono que comprende el desarrollo Aeropuerto Metropolitano de México, ya que como se observa en el archivo fotográfico (Capítulo VIII ANEXOS), los terrenos son de labor agrícola de temporal de bajo rendimiento, por lo que no tendrá que llevarse a cabo la reubicación de colonias, barrios, localidades o familias, además es importante referir que los terrenos sobre los que se proyecta el Aeropuerto Metropolitano de México, son propiedad del Estado.

Algunas localidades de los municipios de Tolcayuca, Tizayuca, Zempoala, Pachuca y Mineral de la Reforma, aún y cuando están involucradas dentro del Proyecto Valle Tizayuca, no se citan en este apartado, toda vez que el desarrollo Aeropuerto Metropolitano de México, involucra como

se señaló antes, sólo a los municipios de Villa de Tezontepec y Zapotlán de Juárez, Hgo., municipios que no cuentan con colonias, barrios o viviendas dentro del polígono en estudio.

5.6. Coordenadas geográficas y/o UTM, de acuerdo con los siguientes casos, según corresponda:

Polígono que comprende el proyecto Valle Tizayuca

Al Norte: Colinda con el Ejido de Jagüey de Téllez y Pachuquilla

PUNTOS	LONGITUD EN METROS
1-2	1,076.97
2-3	86.72
3-4	539.88
4-5	2,591.77
5-6	236.79
6-7	922.04
7-8	1,395.28
8-9	2,766.57

Al Oriente: Colinda con el derecho de vía del Río de Las Avenidas (pequeños propietarios de Téllez y Villa de Tezontepec, Ejido de San Pedro Tlaquilpan, Ejido de Villa de Tezontepec)

PUNTOS	LONGITUD EN METROS
9-10	2,765.90
10-11	63.05
11-12	166.56
12-13	175.58
13-14	70.80
14-15	125.20
15-16	476.82
16-17	421.87
17-18	2,940.59
18-19	383.64
19-20	332.08
20-21	662.94
21-22	530.86

PUNTOS	LONGITUD EN METROS
22-23	1,202.61
23-24	1,006.84
24-25	2,568.00
25-26	265.21
26-27	236.49
27-28	233.99

Al Sur: Colinda con el derecho de vía del Río de Las Avenidas, pequeños propietarios de Tolcayuca, con la Autopista México-Pachuca; con la carretera de acceso a la comunidad del Carmen.

PUNTOS	LONGITUD EN METROS
28-29	241.31
29-30	398.10
30-31	381.69
31-32	494.43
32-33	340.54
33-34	289.74
34-35	440.38
35-36	188.62
36-37	281.16
37-38	706.75
38-39	1,384.87
39-40	626.72
40-41	311.64
41-42	298.43
42-43	16.04
43-44	70.89
44-45	84.81
45-46	367.58
46-47	35.85
47-48	661.84
48-49	920.58
49-50	231.18
50-51	124.41

PUNTOS	LONGITUD EN METROS
51-52	1,950.64
52-53	669.63
53-54	1,052.50
54-55	2,184.74

Al Poniente: Colinda con pequeños propietarios de Tolcayuca, con la Colonia 20 de Noviembre, con el Ejido de Zapotlán de Juárez, con la Autopista México-Pachuca, con el Ejido de San Pedro Huaquilpan, con el Ejido de Acayuca y pequeños propietarios de Acayuca.

PUNTOS	LONGITUD EN METROS
55-56	369.93
56-57	738.75
57-58	345.46
58-59	396.59
59-60	673.64
60-61	247.47
61-62	252.86
62-63	1,310.33
63-64	294.92
64-65	104.48
65-66	387.10
66-67	154.79
67-68	463.23
68-69	200.02
69-70	317.39
70-71	931.10
71-72	113.06
72-73	737.70
73-74	1,006.69
74-75	1,399.38
75-76	204.70
76-77	47.59
77-78	31.92
78-79	187.93

PUNTOS	LONGITUD EN METROS
79-80	218.09
80-81	163.65
81-82	730.01
82-83	663.15
83-84	1,410.26
84-85	1,245.56
85-86	1,347.56
86-87	693.67
87-88	643.69
88-89	487.66
89-90	281.64
90-91	341.56
91-92	182.12
92-93	767.06
93-94	85.98
94-95	272.18
95-96	227.51
96-97	130.48
97-98	894.96
98-99	218.62
99-100	83.16
100-101	975.86
101-102	413.00
102-103	707.07
103-104	149.10
104-105	95.07
105-106	1,007.86
106-107	357.61
107-108	29.13
108-109	168.16
109-110	149.00
110-111	105.01
111-112	210.68
112-1	320.95

La información registrada en las tablas corresponden a la declaratoria de destino para el desarrollo integral del Valle de Tizayuca, publicado en el Periódico Oficial del Estado el 11 de octubre de 1999.

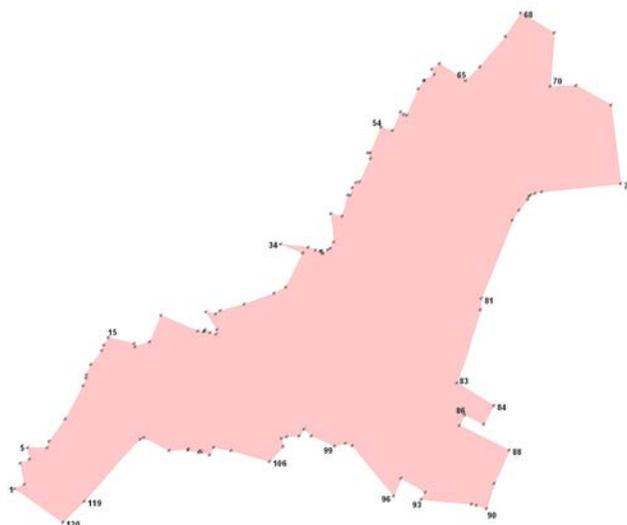


Figura del Polígono del Proyecto Valle Tizayuca, mismo que presenta las siguientes coordenadas:

Vértice	Coordenadas	
	X	Y
1	504,166.15	2,199,401.20
2	504,502.77	2,199,554.60
3	504,365.84	2,200,280.55
4	504,678.91	2,200,426.59
5	504,613.68	2,200,817.78
6	505,287.31	2,200,820.45
7	505,363.93	2,201,055.75
8	505,920.30	2,201,829.31
9	506,552.53	2,202,977.02
10	506,648.63	2,203,255.10
11	506,664.43	2,203,358.38

Vértice	Coordenadas	
	X	Y
12	506,821.22	2,203,712.30
13	507,190.44	2,204,207.79
14	507,261.25	2,204,394.86
15	507,423.11	2,204,667.88
16	508,328.46	2,204,450.47
17	508,348.69	2,204,339.24
18	508,859.53	2,204,507.07
19	509,257.66	2,205,431.69
20	510,548.55	2,204,891.45
21	510,751.42	2,204,864.16
22	510,773.82	2,204,906.15
23	510,799.03	2,204,925.75
24	510,964.24	2,204,836.17
25	511,174.25	2,204,777.39
26	511,210.66	2,204,936.94
27	510,818.63	2,205,552.76
28	511,161.75	2,205,475.33
29	511,314.77	2,205,590.10
30	512,156.38	2,205,819.63
31	513,189.26	2,206,202.17
32	513,610.06	2,206,412.58
33	514,203.01	2,207,598.48
34	513,418.79	2,207,904.51
35	514,381.63	2,207,798.80
36	514,631.08	2,207,703.47
37	514,799.82	2,207,670.47
38	514,840.17	2,207,685.14
39	514,854.85	2,207,611.81
40	514,909.87	2,207,589.81
41	515,056.61	2,207,710.81
42	515,162.99	2,207,773.14
43	515,276.71	2,207,974.80
44	515,174.00	2,208,961.11
45	515,565.70	2,208,884.13
46	515,768.54	2,209,623.88
47	515,851.69	2,209,602.03
48	515,923.82	2,209,864.48
49	516,051.33	2,210,052.90
50	516,178.84	2,210,080.61
51	516,561.36	2,210,889.70
52	516,450.48	2,211,078.12
53	516,533.64	2,211,078.12
54	516,916.16	2,211,975.89
55	517,314.15	2,211,865.53
56	517,598.47	2,212,512.92

Vértice	Coordenadas	
	X	Y
57	517,718.52	2,212,424.49
58	517,807.57	2,212,394.17
59	518,221.42	2,213,313.14
60	518,429.92	2,213,603.67
61	518,401.49	2,213,609.99
62	518,774.27	2,213,805.79
63	518,688.97	2,213,998.42
64	518,948.02	2,214,187.90
65	519,851.27	2,213,601.37
66	520,366.97	2,214,072.94
67	521,258.23	2,215,132.68
68	521,780.23	2,215,952.12
69	522,952.34	2,215,267.12
70	522,812.56	2,213,404.55
71	523,709.80	2,213,433.14
72	524,928.28	2,212,753.36
73	525,265.25	2,210,007.39
74	522,513.86	2,209,724.39
75	522,288.10	2,209,668.81
76	522,124.88	2,209,619.28
77	522,069.34	2,209,577.34
78	522,035.47	2,209,456.76
79	521,718.43	2,209,100.61
80	521,496.78	2,208,741.66
81	520,405.80	2,206,010.94
82	520,386.30	2,205,627.79
83	519,557.34	2,203,085.68
84	520,840.63	2,202,297.32
85	520,486.74	2,201,638.35
86	519,828.51	2,201,971.41
87	519,651.61	2,201,605.45
88	521,385.30	2,200,743.57
89	520,865.48	2,199,579.84
90	520,588.90	2,198,704.49
91	520,244.27	2,198,824.46
92	520,074.13	2,198,864.48
93	518,316.01	2,199,037.87
94	518,455.90	2,199,268.38
95	517,618.16	2,199,766.36
96	517,355.73	2,199,145.33
97	515,924.23	2,200,900.25
98	515,680.58	2,200,979.11
99	515,293.94	2,200,884.31
100	514,491.46	2,201,234.31
101	514,243.42	2,201,467.65

Vértice	Coordenadas	
	X	Y
102	514,069.20	2,201,236.14
103	513,629.52	2,201,211.33
104	513,452.38	2,201,146.53
105	513,507.64	2,200,870.85
106	513,035.21	2,200,345.20
107	511,705.26	2,200,731.34
108	511,088.88	2,200,844.67
109	510,952.93	2,200,564.24
110	510,678.06	2,200,680.46
111	510,662.99	2,200,674.98
112	510,609.55	2,200,721.55
113	510,565.69	2,200,648.96
114	510,209.40	2,200,739.35
115	510,205.29	2,200,774.97
116	509,545.61	2,200,721.48
117	508,669.96	2,201,183.00
118	508,537.13	2,201,113.43
119	506,588.99	2,198,962.89
120	505,836.30	2,198,229.17

Particularmente, los puntos del polígono que comprenden al Aeropuerto Metropolitano de México, son:

1)
x=518337.683
y=2208447.529

2)
x=520370.525
y=2208048.798

3)
x=515031.542
y=2203453.903

4)
x=516130.803
y=2202675.853

5)
x=518145.474
y=2208242.723

6)
x=518354.293
y=2208215.619

7)
x=518251.468
y=2207714.729

8)
x=518164.936
y=2207729.446

9)
x=518107.361
y=2207628.314

10)
x=518276.207
y=2207518.440

11)
x=519852.91
y=2208620.42

12)
x=516280.538
y=2205057.483

13)
x=516225.637
y=2205097.709

14)
x=516067.169
y=2204917.317

15)
x=515999.485
y=2204957.364

16)
x=515821.755
y=2204852.845

17)
x=515384.878
y=2203250.182

18)
x=515258.706
y=2203166.141

19)
x=519077.572
y=2206161.407

20)
x=518895.542
y=2206315.291

21)
x=519,044.37
y=2208654.18

22)
x=519571.56
y=2209099.83

6. Dimensiones del proyecto, de acuerdo con las siguientes variantes:

Características del proyecto	Información que se debe proporcionar
PROYECTO VALLE TIZAYUCA	ÁREA TOTAL DEL PREDIO 11,477-80-95 has
Aeropuerto Metropolitano de México <ul style="list-style-type: none">• Aeropuerto• Cargo City	Área del proyecto 980 has
Proyectos a mediano plazo: <ul style="list-style-type: none">• Parque industrial• Parque logístico• Centro comercial• Edificio oficinas• Hotel	Área propuesta 896 has
Proyectos asociados: <ul style="list-style-type: none">• Parque para microindustrias• Complejo integral de agricultura intensiva• Central de acopio de perecederos• Proyectos productivos comunitarios• Vivienda• Nodo de Servicios Metropolitanos• Recinto ferial y de convenciones• Complejo hospitalario de especialidades	

I.2. Datos generales del promovente

1. Nombre o razón social

Corporación Aeroportuaria Hidalgo

2. Nombre del representante legal

"Protección de datos
LFTAIPG"

3. Cargo del representante legal

Director General de la Corporación Aeroportuaria Hidalgo.

4. RFC del Representante Legal

Protegido por IFAI,
Art. 3º Fracción VI

5. Clave Única de Registro de Población (CURP) del representante legal

Protegido por IFAI, Art. 3º.
Fracción VI LFTAIPG

6. Dirección del promovente para recibir u oír notificaciones

Protegido por IFAI, Art. 3º. Fracción VI, LFTAIPG

I.3. Datos generales del responsable del estudio de impacto ambiental

1. Nombre o razón social

Consejo Estatal de Ecología- Hidalgo.

2. RFC

Protegido por IFAI,
Art. 3º Fracción VI

3. Nombre del responsable técnico de la elaboración del estudio

"Protección de datos
LFTAIIPG"

4. RFC del responsable técnico de la elaboración del estudio

Protegido por
IFAI Art. 3º

5. CURP del responsable técnico de la elaboración del estudio

Protegido por IFAI, Art. 3º.
Fracción VI, LFTAIPG

6. Dirección del responsable del estudio

Protegido por IFAI, Art. 3º.
Fracción VI, LFTAIPG

II. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES Y, EN SU CASO, DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO

II.1. Información general del proyecto

La superficie total que contempla el macro proyecto Valle Tizayuca involucra 11,437-80-95 has, dentro de las cuales se proyecta construir el Aeropuerto Metropolitano de México, éste último en una superficie de 980 has. Desarrollo que integrará las siguientes obras:

- Aeropuerto
- Cargo City

a)Aeropuerto.

El sitio seleccionado para la construcción del nuevo aeródromo es un valle abierto, delimitado al Este por la Sierra de Los Pitos; al Oeste por la Sierra de Zapotlán y al Norte por la Sierra de Pachuca. En el 90% del tiempo la visibilidad es mayor de 10 km, lo que permite realizar operaciones visuales.

Se cuenta con estudios meteorológicos de por lo menos seis años que permiten validar, en base a los vientos dominantes, la orientación propuesta para la pista 03/21 (orientación magnética 032º/212º).

El diseño del aeródromo, considera, en su primera etapa, la operación de una sola pista de dimensiones suficientes para recibir aeronaves de gran envergadura (longitud de 4, 876.5 m x 60.96 m). Sus dimensiones estarán basadas para anticipar en los próximos 20 años los cambios y modificaciones de las aeronaves de carga; su diseño se realizó considerando aeronaves del grupo VI; con una contribución inicial de cuatro operaciones por hora al flujo del área terminal de México. Se pretende poder efectuar aproximaciones por instrumentos, denominados "ILS categoría I" (sistema de iluminación de aproximación de precisión).

b)Cargo City

Ubicada estratégicamente en el cruce de la vía ferroviaria a Pachuca y el Libramiento Arco Norte, ofreciendo excelente comunicación con las ciudades del interior de la República.

Estas contarán con áreas como la Central de Carga y Base de Operaciones; las cuales sirven de apoyo a la terminal aérea proyectada.

En una segunda fase se tendrá la construcción de: 1)Parque industrial; 2)Parque logístico; 3)Centro comercial; 4)Edificio para oficinas y posteriormente la construcción de un hotel; todo ello en una superficie de 896 has.

Como proyectos asociados a mediano y largo plazo, se tienen:

- Parque para microindustrias.
- Parque Industrial.
- Complejo Integral de Agricultura Intensiva.
- Central de Acopio de Perecederos.
- Proyectos Productivos Comunitarios.
- Vivienda.
- Nodo de Servicios Metropolitanos.
- Recinto Ferial y de Convenciones.
- Complejo Hospitalario de Especialidades.

Una vez que se cuente con el proyecto ejecutivo de cada uno de estos, se presentará a la autoridad ambiental competente, a fin de que se evalúe y dictamine lo correspondiente.

II.1.1 Naturaleza del proyecto

El macro proyecto Valle Tizayuca, considera en una primera fase la construcción del Aeropuerto Metropolitano de México, que incluye un conjunto de obras o actividades de diferente tipo y sector, como a continuación se menciona:

Aeropuerto, Cargo City, y como áreas de apoyo la Base de Operaciones y la Central de Carga.

Cabe destacar, que este proyecto forma parte del Plan Subregional de Desarrollo del Valle de Tizayuca, mismo que cumple con los lineamientos establecidos en el Programa Estatal de Desarrollo del Estado de Hidalgo 1999-2005, documento que inicialmente planteó un aeropuerto como una infraestructura complementaria al Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México; una vez tomada la decisión a favor de Texcoco para el aeropuerto de pasajeros, se replanteó la magnitud del proyecto, para lo cual se elaboraron estudios sobre los rubros de ecología, agua, población, tierra, vialidades y carga aérea, entre otros, con el fin de reconsiderar el proyecto de desarrollo regional.

En ese sentido, en el 2003 se actualizó el Plan Estatal de Desarrollo, el cual señala como uno de los rubros importantes a atender, el Desarrollo Regional Integral del Valle Tizayuca, cuyo objetivo es promover y concretar el desarrollo social y económico de la región comprendida entre las ciudades de Pachuca y Tizayuca, proyecto que involucra a los municipios de Tolcayuca, Zapotlán, Villa de Tezontepec, Epazoyucan, Zempoala, Pachuca y Mineral de la Reforma, bajo esquemas de dotación de infraestructura, equilibrio y ordenación en la ocupación del territorio, sustentabilidad ecológica, uso racional de los recursos naturales y actividad económica competitiva.

Esta propuesta incluye importantes obras de infraestructura y desarrollo de negocios, que permitirán potenciar el comercio y las inversiones con el exterior, impulsar la actividad agrícola bajo nuevos estándares de tecnología, competitividad y proyectos producto-mercado, así como generar un importante polo de desarrollo industrial. De tal manera que se plantea en una primera fase, la construcción de un aeropuerto y cargo city, con sus respectivas áreas de apoyo.

En el sector agropecuario se plantean esquemas para la reconversión de cultivos, alta tecnificación, desarrollo de cultivos en invernadero y/o sistemas orgánicos y de hidroponía, con una visión de penetración en mercados nacionales y del exterior.

Es importante destacar que el uso actual del suelo es agricultura de temporal, y no se tienen antecedentes de algún otro uso diferente a este. Principalmente se produce cebada y avena, por lo que no aplica un cambio de uso del suelo.

Sin embargo y toda vez que las aeronaves deberán necesariamente tener un área de abasto de combustible dentro del sitio, se presentará ante esa Secretaría el Estudio de Riesgo Nivel 1, tomando como base los términos de referencia que señalan las Guías-SEMARNAT.

La selección del nivel de estudio, se realizó considerando las características del proyecto y manejo del combustible (sustancia considerada como peligrosa, a presión atmosférica y temperatura ambiente, en sitios donde el uso del suelo es exclusivamente agrícola).

II.1.2. Justificación y objetivos

Nuestro país, históricamente ha presentado un centralismo muy arraigado, en ese sentido, la mentalidad de hacinamiento se refleja en el desarrollo urbano y ha prevalecido en la forma de diseñar y construir nuestros proyectos de desarrollo.

Este es momento de no repetir errores históricos, por lo que es impostergable sentar las bases para un crecimiento ordenado y sustentable en las poblaciones que integran los municipios de Tizayuca, Tolcayuca, Villa de Tezontepec, Zapotlán de Juárez, Zempoala, Mineral de la Reforma y Pachuca, todos ellos localizados en el Valle de Tizayuca en el Estado de Hidalgo, pues es de todos conocido que en los próximos años estos municipios tendrán una tasa de crecimiento importante, por su interacción e influencia en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

En este sentido se han formulado los ordenamientos jurídicos que prevén la atención de la zona en estudio, para lo cual el 11 de octubre de 1999, se publicó en el Periódico Oficial del Estado el Decreto Gubernamental mediante el cual se emite la Declaratoria de Destino para el Desarrollo Integral del Valle de Tizayuca.

Por su parte, el Programa Estatal de Desarrollo 1999-2005 que comprendió dentro del apartado de Comunicaciones y Transportes: Enlace Global, el Proyecto de Aeropuerto, como un proyecto planteado para cubrir las necesidades de demanda del servicio de aeropuerto de la Ciudad de México, sin embargo, y toda vez que la opción Texcoco fue la seleccionada, el Gobierno del Estado de Hidalgo, hace un análisis de sus logros y avances a tres años de Gobierno (1999-2002), derivado de ello se actualizó el Plan Estatal de Desarrollo, en el que se establece la necesidad de impulsar el desarrollo de la Zona Sur del Estado, a través del megaproyecto Valle Tizayuca, mismo que plantea la construcción de un aeropuerto y cargo city; en fases subsecuentes se considera la construcción de un parque industrial, parque logístico; un centro comercial; un edificio para oficinas y un hotel.

El objetivo estratégico del megaproyecto Valle Tizayuca, es promover y concretar el desarrollo social y económico de la región comprendida entre las ciudades de Pachuca y Tizayuca en el Estado de Hidalgo bajo esquemas de dotación de infraestructura, equilibrio y ordenación en la

ocupación del territorio, sustentabilidad ecológica, uso racional de los recursos naturales y actividad económica competitiva.

La realización gradual del megaproyecto Valle Tizayuca, implica importantes encadenamientos productivos con las demás regiones del Estado, impulsando la derrama económica intermunicipal, flujos de empleo y ocupación y nuevas oportunidades de progreso en la Entidad.

De igual forma, dicho megaproyecto, es una respuesta a la estrecha relación que existe entre la zona Pachuca-Tizayuca y la Ciudad de México, los municipios conurbados del Estado de México y las Ciudades de Toluca, Cuernavaca, Puebla y Tlaxcala, todo ello denominado Megalopolis, ya que el desarrollo de infraestructura, los fenómenos poblacionales, urbanísticos y de planeación al nivel de la Región Centro País, establecen importantes condicionantes al crecimiento y desarrollo del Estado de Hidalgo.

Por tal motivo, los proyectos y obras que se realizarán en el Valle Tizayuca, también se plantean desde una visión megalopolitana, anticipando oportunidades y problemáticas en toda la Zona Centro País, donde destaca la tendencia del crecimiento urbano y poblacional desde la Ciudad de México, estimada en aproximadamente 5 millones de nuevos habitantes en los próximos 20 años.

Se estima que estos proyectos puedan generar un monto global de 250,000 nuevos empleos directos permanentes, en el desarrollo de 20-25 años del proyecto Valle Tizayuca.

La planeación del desarrollo urbano, permitirá adelantarse a los procesos de ocupación desordenada del territorio y atender a la población en mejores condiciones, con todos los servicios y a menores costos sociales y presupuestales.

El megaproyecto Valle Tizayuca pone el desarrollo económico al servicio del desarrollo social, aprovecha las ventajas comparativas de una región en beneficio del conjunto social buscando articular el desarrollo local con el proceso global, y que propone hacerlo como política de estado, en forma ordenada y con plena participación y cooperación de los diferentes actores involucrados.

Los objetivos generales son:

- Aprovechar el potencial productivo y de localización del Valle Tizayuca, en apoyo a la descentralización ordenada y planeada de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y fortalecer la estructura y el funcionamiento de la megalopolis, como el mejor patrón de organización territorial de la región centro del país, con criterios de calidad de vida, eficacia, equidad y sustentabilidad.
- Reducir la dependencia funcional de la zona metropolitana de Pachuca, respecto del Valle de México y evitar la conurbación física. Se propone la constitución de un sistema de asentamientos que ofrezca un desahogo a las demandas de crecimiento poblacional en la ZMVM, coherente y capaz de captar las innovaciones económicas y socioculturales que se generen en la megalopolis del centro y de difundirlas en su área de influencia territorial.

- Contar con una importante infraestructura que sirva de base para la creación de un nuevo sistema de ciudades que incluya a Tizayuca en el Sur y a Pachuca en el extremo Norte, y que le permita mantener su función como el centro urbano-regional más importante del valle.
- Articular una estrategia territorial incluyente, coherente con las expectativas de la población local, que aprecie y eleve la productividad de las áreas rurales, preserve sus valores culturales y propicie la generación de empleo y el proceso sostenido de crecimiento económico.

El proyecto de desarrollo regional e integral que se plantea, contempla acciones a realizarse durante los próximos 25 años.

Como se citó anteriormente, el megaproyecto Valle Tizayuca comprende el desarrollo del Aeropuerto Metropolitano de México. Las obras consideradas para esta terminal aeroportuaria, son: aeropuerto y cargo city, con sus respectivas áreas de apoyo (base de operaciones y central de carga).

Actualmente, los dos factores externos más significativos que fomentan el incremento del mercado de la carga aérea son: 1) la globalización del comercio y 2) la demanda de los clientes por servicios logísticos integrados para el control de sus cadenas de aprovisionamiento y de distribución.

El transporte aéreo se utiliza rutinariamente por los más importantes consolidadores del mundo para mover cinco importantes sectores de carga:

a)Equipo fundamental para las cadenas de producción, maquinaria y equipo utilizados para la manufactura de productos, y equipo de transporte diferente a los vehículos automotores.

b)Productos para el consumidor. Productos terminados que no sean alimentos ni productos de alta tecnología, para su venta al consumidor final. Aquí se incluyen vehículos automotores y sus partes.

c)Comida y flores. Alimentos perecederos y procesados, bebidas y tabacos.

d)Alta tecnología. Máquinas de oficina y de cómputo, equipo profesional, equipo de comunicaciones y productos farmacéuticos.

e)Insumos primarios. Productos agrícolas, forestales y minerales que han sido objeto de muy poco procesamiento, así como productos para la industria de la energía.

Por lo que a lo largo de los próximos veinte años, los participantes en la industria de la carga aérea mundial, incluyendo los 187 operadores de los 1,510 aviones dedicados a carga, afrontarán las grandes oportunidades y desafíos que presenta un entorno económico mundial cada vez más integrado y altamente competitivo. Estas tendencias, además de los desarrollos continuos en los sistemas de fabricación y en la emergente nueva economía de la información,

crearán un fuerte aumento en la demanda de aviones cargueros. Como respuesta, la flota de aeronaves de carga mundial crecerá hasta alcanzar las 3,449 aeronaves en el año 2019. Al mismo tiempo, una intensa competitividad generará que los operadores tengan que ser significativamente más eficaces, tanto en aire como en tierra.

De manera general, la flota mundial de aeronaves de carga crecerá a una medida del 4% anual hasta el 2009 y a una media del 4.4% por año hasta el 2019.

Paradójicamente, mientras que el crecimiento influye sobre la carga aérea, ésta también influirá sobre el crecimiento. Los sistemas avanzados de fabricación que dependen de la cartera mundial de compras y cuentan con un transporte aéreo de carga rápido y eficiente; asimismo los sistemas de comunicación avanzados también han contribuido a un crecimiento económico dirigido por la productividad.

Esta ampliamente reconocido que la existencia de una infraestructura de transporte aéreo eficaz ofrece un fuerte incentivo para las empresas que tienen interés en invertir para el desarrollo de nuevos centros de producción en lugares concretos.

Las previsiones de Airbus Industries analizan 120 mercados direccionales de carga aérea y pronostican que la carga aérea regida por el crecimiento en particular de los servicios "justo a tiempo", se triplicará durante los próximos 20 años, creciendo a un fuerte ritmo del 5.7% anual. El tráfico aumentará a un ritmo más rápido, de un 6.1% anual, hasta el 2009, y después madurará a una media de un 5.3% de crecimiento anual durante la siguiente década.

Por su parte, Boeing y Air Cargo Management Group pronostican un crecimiento promedio, hasta 2019 del 6.45% anual.

Los mercados de carga aérea con un crecimiento mayor y más rápido son, y seguirán siendo, aquellos que unen Europa y Norteamérica con la Región Asia-Pacífico. Juntos se espera que representen más del 40% de la carga aérea mundial en 20 años.

Tanto Boeing como Airbus Industries han aumentado su producción de aviones puramente cargueros, al tiempo que se involucran cada vez más en la conversión de aviones de pasajeros a cargueros.

Estas previsiones representan un nuevo reto para la infraestructura aeroportuaria en el mundo. Los principales aeropuertos de los Estados Unidos de América y de Europa acusan síntomas de saturación y ya se empieza a ver la utilización de otros aeropuertos, ubicados en las inmediaciones de las grandes metrópolis, como aeropuertos dedicados al manejo de las operaciones de carga aérea.

De esta manera, el proyecto Valle Tizayuca, retoma esta área de oportunidad en apego a las directrices de impulso de la región Valle de Tizayuca, planteando dentro del macroproyecto la construcción del aeropuerto y un cargo city, en una superficie de 980 has, en su primera fase. En las siguientes fases se plantea la construcción de un parque industrial; parque logístico; un centro comercial; un edificio de oficinas y un hotel, esto en un área de 896 has.

Asimismo y con la finalidad de sentar las bases de un proyecto de esta naturaleza, se desarrolló un análisis exhaustivo de trece aeropuertos nacionales, seleccionados por la importancia económica de la región a la que sirven, y otros por su ubicación en la zona centro País, en los que se identificó el desarrollo de operaciones mixtas (pasajeros y carga), y las exclusivas de carga, así como las que se llevan a cabo bajo el esquema de vuelos regulares, llamados también "de itinerario" y aquellas que se realizan bajo el esquema de vuelos de fletamiento, también conocidos como "vuelos charter".

Los aeropuertos analizados fueron: Ciudad de México, Guadalajara, Monterrey (Mariano Escobedo), Toluca, Tijuana, San Luis Potosí, Cancún, Saltillo, Bajío, Veracruz, Cuernavaca, Querétaro y Puebla. Se analizaron las modalidades de operación: regular nacional, regular internacional, de fletamiento nacional y de fletamiento internacional, desglosándose cada una en: línea aérea, número de vuelos al destino y origen señalados, total de pasajeros transportados y kilogramos de carga transportada.

Se filtró la información por operaciones totales, operaciones de aeronaves de pasajeros que transportaron carga, denominadas mixtas y operaciones exclusivas de carga, considerando en todos los casos los vuelos como la operación completa de llegada y salida y expresando los volúmenes de carga en kilogramos, salvo los comparativos con la carga nacional, donde los valores se indican en toneladas.

Se identificó la mezcla de operaciones en los aeropuertos; los ocupados principalmente para operaciones de carga, los aeropuertos mixtos y los aeropuertos utilizados para operaciones de pasajeros (sin ser exclusivos para alguna de las modalidades mencionadas) siendo significativos los casos de Tijuana, Monterrey y Saltillo.

En conclusión el mercado del transporte aéreo de carga, en su modalidad de vuelos exclusivamente cargueros, en el área de influencia de la Zona Metropolitana del Valle de México, representó para el año 2001, ciento cincuenta mil toneladas de carga aérea. La tendencia es al crecimiento.

La ventaja de este proyecto, es que hasta el momento, nuestro país no cuenta con un sistema eficaz de construcción y distribución de mercancías que tenga sistemas aduanales modernos y efectivos, y que se ajusten a las diversas necesidades de la carga: carga de importación, de exportación y en tránsito. El nodo o hub carguero, debiera promover el negocio nacional e internacional de movimiento de mercancías según la propia naturaleza, destino y manejo de la misma, y es conocido que el personal de las líneas aéreas, así como el gubernamental encargado de los trámites de despacho y recepción o internación de mercancías, es muy especializado, lo cual se traduce en salarios atractivos y la posibilidad de proyección internacional.

La justificación para la construcción y desarrollo de un nodo o hub de carga, parte de:

- La necesidad de atender el crecimiento en el intercambio de mercancías que derivará de los diversos tratados de complementación económica que viene firmando nuestro País con las regiones económicas de todo el mundo.
- La liberación progresiva de los productos, determina en el sistema mundial de comercio, regida por la Organización Mundial del Comercio, crea compromisos específicos a los Estados que descansan, para su factibilidad y cumplimiento, en un sistema o red internacional de transportes eficientes, económico y seguro, nuestro país deberá contar con infraestructura competitiva especializada que garantice que el transporte de mercancías podrá adaptarse a las necesidades de exportadores e importadores las 24 horas del día, ofreciendo la mayor gama de servicios posibles para atender con eficiencia las características de la carga que se maneje, permita el desarrollo de servicios logísticos, para garantizar las ventajas previstas en el Tratado de las Naciones Unidas para el transporte multimodal de mercancías del que nuestro país es parte.
- La ventaja geográfica para convertirse en un punto de encuentro y distribución de las mercancías provenientes de los mercados del Norte y Sur, así como los que provienen o parten con destino a los mercados europeos y asiáticos.
- La posibilidad de reforzar planes de desarrollo regional y continental como los derivados del TLC y el Plan Puebla-Panamá.

En conclusión, se requiere de un aeropuerto que ofrezca: longitud de pista suficiente para operaciones de largo alcance; facilidades de operación las 24 horas del día; aduana eficiente, seguridad y protección de las mercancías; adecuada conectividad con la Ciudad de México y con las entidades vecinas, como los Estados de México, Querétaro, Puebla, Tlaxcala y Veracruz, permitirá que el Estado de Hidalgo participe en ese mercado y fomente la descentralización y el desarrollo regional.

En relación a la posible interacción con otros Aeropuertos como el:

Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM)

Este aeropuerto se localiza dentro de la Ciudad de México, en la Delegación Venustiano Carranza, cuenta con dos pistas con orientación 05-23, de 3900x45 m

La distancia existente entre los dos aeropuertos, la orientación de sus respectivas pistas y la conducción de las operaciones de ambos aeropuertos con la misma orientación, deberá limitar los conflictos que pudieran derivarse de las operaciones simultáneas en el AICM y en Tizayuca. Algunas restricciones serán necesarias, especialmente al cruzar niveles de vuelo o altitudes, pero éstas se mantendrán a un nivel aceptable para pilotos y controladores. No se vislumbran cambios significativos en los procedimientos del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.

Base Aérea de Santa Lucía

La Base Área Militar No. 1, se encuentra ubicada en Santa Lucía, Edo. Méx., con coordenadas (19°45'00" N, 99°01'02" W), con una superficie de 2,327.5 has, una pista con orientación 04-22 de 3,456 x 78 m, y en donde se efectúan vuelos por instrumentos (IFR) y visuales (VFR), misma que alberga a las siguientes unidades, dependencias e instalaciones:

1. C.G. de la IR.A.C. (Región área del centro)
2. C.G. de la 1^a. a la de combate.
3. C.G. del 5/o Grupo área con dos escuadrones aéreos (101 y fotográfico), los cuales cuentan con aviones del tipo shrike commander 500
4. MMR-112 (Santa Lucía).

De acuerdo con la dirección de las pistas en ambos aeródromos, las trayectorias desde y hacia esta base de la Fuerza Aérea podrían interferir con los procedimientos de Tizayuca.

Sin embargo, es posible realizar operaciones simultáneas en ambos aeródromos, como es el caso de varias terminales aéreas en el mundo, particularmente en Dallas Texas.

Por ello, será necesario crear un área común de aproximación y un centro común de aproximación (civil-militar) responsable del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, Tizayuca y Santa Lucía.

El tráfico hacia Santa Lucía podría ser integrado al tráfico de Tizayuca y luego guiado mediante vectores radar a Santa Lucía para una aproximación visual, dado que las obstrucciones orográficas han imposibilitado hasta la fecha el establecimiento de procedimientos de aproximación de precisión a este aeródromo.

Las operaciones de aviones caza necesitarán de una coordinación más estrecha y pueden originar algunas limitaciones en lapsos muy cortos en Tizayuca. No obstante estas limitaciones son completamente aceptables.

La geometría del área restringida MMR-112 deberá ser modificada y su estatus adaptado.

“En base al análisis y consideraciones anteriores se determina que es viable la construcción del nuevo aeropuerto, recomendándose que se logre el acuerdo ante autoridades responsables del proyecto, para que se acondicionen las instalaciones de esta base aérea con las pistas requeridas, equipo de radar; sistemas de aterrizaje por instrumentos (ILS), de iluminación y de comunicación necesarios a efecto de llevar a cabo las operaciones en una forma coordinada y segura, siendo además necesario efectuar juntas de coordinación con la Dirección General de Aeronáutica Civil y los Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano a fin de reestructurar las áreas restringidas, y de igual forma las salidas y llegadas tanto de la base aérea militar de Santa Lucía como del nuevo aeropuerto.” Documento signado por el C. Gral. a la PA. DEMA. CMTE. BA.M. No. 1 Juan Arturo Villasana Castillo (3263714). Documento contenido en la carpeta de anexo “Relación de Documentos”.

II.1.3. Inversión requerida

Área	Suelo (has)	Inversión inicial	Inversión total
Aeropuerto	910	102,649	177,986
Cargo City	70	21,823	244,720
Parque Industrial	751	29,767	197,486
Parque Logístico	138	13,668	39,372
Centro Comercial	3.2	4,558	8,552
Edificio de Oficinas	2.3	5,377	10,707
Hotel	1.6	394	394
Total Miles de dólares		178,236	679,217

II.2. Características particulares del proyecto

Este proyecto forma parte del Plan Subregional de Desarrollo del Valle de Tizayuca, mismo que cumple con los lineamientos establecidos en el Programa Estatal de Desarrollo del Estado de Hidalgo 1999-2005, documento que inicialmente planteó un aeropuerto, como una infraestructura complementaria al aeropuerto de la Ciudad de México; una vez tomada la decisión a favor de Texcoco para el aeropuerto de pasajeros, se replanteó la magnitud del proyecto, para lo cual se elaboraron estudios sobre los rubros de ecología, agua, población, tierra, vialidades y carga aérea, entre otros, con el fin de reconsiderar el proyecto de desarrollo regional, sustituyendo por la opción de un aeropuerto y un cargo city con sus respectivas áreas complementarias (base de operaciones y central de carga, entre otros); y en una siguiente fase, la construcción de un parque industrial, un parque logístico, un centro comercial, un edificio de oficinas y un hotel.

Se considera además un área para almacenamiento de combustibles, a fin de proveer a las aeronaves de turbosina, por lo que se presenta en anexo el Estudio de Riesgo Ambiental Nivel 1.

Como proyectos asociados se tienen: complejo integral de agricultura intensiva; central de acopio de percederos; proyectos productivos comunitarios; vivienda; nodo de servicios metropolitanos; recinto ferial y de convenciones; complejo hospitalario de especialidades.

Particularmente, para la primera etapa, se plantea un aeropuerto y un cargo city, de las siguientes características:

Una pista

De 4,876.5 m de largo por 60.96 m de ancho.

Central de carga

Tres edificios	32,500 m ² cada uno
Estacionamiento	13,700 m ²
Plataforma	8,870 m ²

Base de operaciones

Plataforma	53,000 m ²
Estacionamiento	44,000 m ²
Hangar corporativo	5,600 m ²
Hangares	3,320 m ²
Edificio*	2,100 m ²

*Torre de control tráfico aéreo

Una zona de combustibles para albergar cinco tanques de acero al carbón de 300 m³ cada uno y 4 de 80 m³ cada uno.

II.2.1. Descripción de las obras y actividades

El Proyecto Valle Tizayuca, comprende la construcción de un aeropuerto y la construcción de cargo city; en fases subsecuentes se desarrollarán los parques industriales y logística; centro comercial, edificio de oficinas y un hotel, todo ello en un área de 1,876 has.

Además de estos proyectos, se contará con una estación de tren y acceso directo a la Autopista México-Pachuca.

1. Tipo y características de la infraestructura aeroportuaria

Transporte aéreo de carga. Se proponen dos zonas de carga (plataformas), una de las cuales se ubica a un costado de la pista, relativamente cercana a la zona de combustible, con acceso directo al edificio de carga, estacionamiento y vías férreas, denominada en su conjunto como Central de carga; la otra plataforma esta conectada a los hangares, estacionamiento y vías férreas, denominada en su conjunto como Base de operaciones. Se considera el manejo de carga tanto nacional como internacional, y se cuenta con el espacio necesario para desarrollar las maniobras, considerando además aduanas, entre otros.

Se consideran las siguientes superficies:

Área de pista	297,271.44 m ²
Base de operaciones	108,020.00 m ²
Central de carga	55,070.00 m ²

Se contará con diversas zonas como: calles de rodaje, plataformas; aduana, edificio terminal, torre de control, infraestructura de hangares, vialidad hangares, casa de máquinas, edificio del cuerpo de rescate y extinción de incendios; ayudas visuales; ayudas para la navegación, control de tránsito aéreo, edificio de mantenimiento; subestación de energía eléctrica; camino de acceso a edificio terminal y entronque; camino de acceso a zona de carga y de combustibles y entronque; estacionamientos; zona de combustibles y red de distribución, vialidad zona de combustible, zonas de amortiguamiento, camino perimetral, cerca perimetral y cerca para zona aeronáutica.

El control y la forma de operar de estas instalaciones permitirán el acceso a los complejos comerciales e industriales, así como al aeropuerto. La industria, el comercio, los centros urbanos, las zonas de recreación y los centros de educación son elementos que se verán

beneficiados con el sistema multimodal, que actúa como vínculo para facilitar el acceso directo y la comercialización.

2. Capacidad proyectada

Todas las instalaciones del Aeropuerto Metropolitano de México se diseñaron con miras a una configuración final capaz de atender el crecimiento de la demanda de operaciones aéreas en un horizonte de 50 años.

Los requerimientos de la operación carguera y de aviación general en la pista del aeródromo de Valle Tizayuca, se verán satisfechos con no más de cuatro operaciones por hora, flujo que podrá ser asimilado, sin mayores dificultades, por lo que los servicios de control de tránsito aéreo del área terminal de México, como sucede en otros aeródromos con poco tránsito, las operaciones de Tizayuca estarán subordinadas al flujo del aeropuerto con mayor número de operaciones en el área terminal, como hasta ahora es el AICM.

El diseño básico del aeródromo es considerado para una sola pista en su primer etapa, con crecimiento paulatino en fases posteriores.

3. Tránsito estimado

En el primer año se plantean 8,785 operaciones, atendiendo una carga anual de 135,797 ton y 42,340 pasajeros. En 10 años se propone realizar 24,281 operaciones; con una carga anual de 529,165 toneladas y ampliar su servicio para la atención a 85,493 pasajeros, en etapas posteriores.

Según pronóstico de carga por tipo de aeronave, se plantea:

Total de carga a mover	1er. año	10 años
Total grandes (+ de 80 ton)	52,961	222,249
A380	0	0
MD11	10,864	21,167
B747	42,097	201,083
Total c. Ancha (50 a 80 ton)	19,012	79,375
B767	8,148	47,625
DC10	4,074	0
A300-600	6,790	31,750
Total C. Angosta (30 a 50 ton)	39,381	142,875
DC8	9,506	0
A310	13,580	68,792
A300B4	16,296	74,083
Total Pequeños (<30 ton)	24,443	84,666
DC9	4,074	0
B737	12,222	84,666

B727	8,148	0
------	-------	---

4. Descripción de la infraestructura aeroportuaria

a) Pista

La primera etapa plantea una pista de 4,876.5 m x 60.96 m, en las etapas subsecuentes se plantea un crecimiento por fases.

La pista tiene denominación 03/21 (orientación magnética 032º/212º), con gotas en ambas cabeceras y una pendiente no mayor a 1.5%

Elementos principales de la pista:

Pavimento estructura para soportar el peso de las aeronaves.

Márgenes adyacentes al pavimento estructural, los márgenes y un área despejada, nivelada y drenada para soportar el peso de los equipos de rescate y extinción de incendios, así como para otros equipos que se requieran de apoyo o soporte para las aeronaves en caso de que se hayan salido del pavimento.

El sector contra chorros, que es un área destinada a evitar la erosión de las superficies adyacentes a los extremos de las pistas que están sujetas al prolongado o repetido chorro de los motores de reacción. Esta área debe estar pavimentada o cubierta de césped.

El área de seguridad del extremo de pista es un área destinada a reducir los accidentes de las aeronaves que hacen aterrizajes demasiado cortos o que rebasan la pista.

La zona de parada es una longitud adicional de pavimento, que se prolonga rebasando el extremo de la pista. El pavimento de la zona de parada tendrá la resistencia suficiente para soportar ocasionalmente el peso de las aeronaves. La longitud de la zona de parada no se incluye en la longitud publicada de la pista; sin embargo, la administración del aeródromo puede especificar que los operadores de aeronaves pueden utilizar la zona de parada con la finalidad de determinar el peso de despegue autorizado para la aeronave. La longitud adicional del pavimento de despegue permite a los usuarios aumentar el peso de despegue de las aeronaves, utilizando la longitud de pista más la de la zona de parada.

La zona libre de obstáculos es una zona no pavimentada situada más allá del extremo de la pista, controlada y mantenida por el explotador del aeródromo designando un área a continuación del extremo de la pista como zona libre de obstáculos, el operador de aeronaves puede incrementar el peso de despegue de la aeronave, dado que la velocidad de ascenso inicial de la aeronave puede reducirse, debido a que el operador se le ha asegurado que no existen obstáculos en dicha zona.

Especificaciones de la pista y franjas, construida en dirección Noreste-Sureste

Anchura de pista	Número de clave 4
Letra clave F	60.96 m
Anchura de pista más márgenes	Para la letra clave E la anchura total de la pista y de sus márgenes no será superior a 60.96 m
Pista	
Pendiente longitud máxima	1.25%
Gradiente máximo efectivo	1%
Cambio máximo longitudinal de la rasante	1.5%
Pendiente transversal máxima	1.5% para letra clave E
Anchura de la franja de la pista	
Pista de precisión o no	300 m
Franja	
Pendiente longitudinal máxima	1.5%
Pendiente transversal máxima	2.5%

La resistencia del pavimento de acuerdo al anexo 14 aeródromos Volumen I de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), deberá de corresponder a la siguiente cifra, basada en el número de clasificación de pavimentos (PCN)

80 / R / A / W / T

80 es el ACN en excedente para el Boeing MD11F, considerando éste como la aeronave crítica del presente estudio (ACN con peso máximo de despegue de 66)

La letra **R** corresponde a pavimento rígido.

La letra **A** se refiere a la categoría del terreno de fundación, en este caso alta; para los pavimentos rígidos, el valor tipo es $K=150$ MN/metro cúbico y comprende todos los valores K superiores a 120 MN/metro cúbico

La letra **W** es la categoría de precisión máxima permisible de los neumáticos, correspondiendo a alta-sin límite de presión.

La letra **T** indica el método de evaluación y corresponde a evaluación técnica, consistiendo ésta en un estudio específico de las características de los pavimentos y en la aplicación de tecnología del comportamiento de los pavimentos.

Calles de rodaje

Debido a que la velocidad de las aeronaves es menor en las calles de rodaje, los criterios respecto a sus dimensiones no son tan estrictos; esta baja velocidad permite que la anchura de las calles de rodaje sea menor en comparación con la de las pistas:

Letra clave **F**; anchura de calles de rodaje 25 m; anchura total de la calle de rodaje y sus márgenes 60 m.

La construcción de márgenes en las calles de rodaje, obedece a que el chorro de los motores a reacción de las aeronaves en rodaje causa la erosión de las áreas adyacentes. La función como salida de la pista es reducir al mínimo el tiempo de ocupación de la pista por las aeronaves que aterrizan.

La pista está comunicada a través de un sistema de calles de rodaje con las plataformas de la terminal y las áreas de mantenimiento y carga.

a) Hangares. Se cuenta con dos hangares uno de mantenimiento y otro corporativo, ambas áreas son independientes y suman una superficie total de 8,920 m.

b) Zonas de maniobras.

Plataforma para aviones comerciales

Una superficie de aproximadamente 61,870 metros cuadrados es recomendable para la primera fase del proyecto; ésta con las características de pavimento PCN 6 o superior y con las marcas e iluminación requeridas. El diseño de la plataforma deberá llevarse a cabo bajo el criterio de que las aeronaves lleguen por propio impulso hasta el lugar de estacionamiento, en estas se tendrá la instalación de hidrantes para la recarga de combustibles.

Plataforma de aviación general

El criterio que determinó su amplitud parte del supuesto de los espacios para cada aeronave, mismos que se delimitarán marcando con pintura reflejante el piso de la plataforma. Se considera en la determinación de los espacios las operaciones de las nuevas aeronaves grandes (NLA) como el airbus A380. Estos aparatos están clasificados dentro del Grupo de Diseño de Aeronaves (ADG) en el Grupo VI, y tienen una envergadura mínima de 65 metros. Lo anterior incluye calles de rodaje y áreas de maniobra, para permitir la realización eficiente de las operaciones.

Almacenamiento de combustibles y red de hidrantes

Las instalaciones de combustible para las aeronaves, en aeropuertos como el que nos ocupa, se componen de dos partes principales que son: la zona de almacenamiento y el sistema de distribución.

En la zona de almacenamiento (22.5 has) se tienen 5 tanques de 300 m³ para contener turbosina, utilizada en aviones a reacción, y 4 tanques de 80 m³ de gasavión para aviones de pistón. Esta área contará además, con sistemas complementarios contra incendios, de bombeo, de control de desperdicios y las oficinas de control, así como con un espacio para los vehículos surtidores, tanto de gasavión como de turbosina. Para esta última se tiene una red de tuberías y bombas que la llevan hasta la plataforma, al pie de los aviones, donde por medio de válvulas de hidrante se inyecta directamente a los aviones.

El almacenamiento de turbosina se hace en tanques verticales, mientras que el de gasavión es en tanques horizontales de menor tamaño.

Plataforma de carga

Esta plataforma de 8,870 m² servirá en una primera fase para estacionar las aeronaves de carga durante su permanencia en tierra, para las operaciones de carga y descarga y sus servicios correspondientes.

Aduana

Consiste en una nave para el almacenamiento de carga de procedencia extranjera, equipada con oficinas, sanitarios, estacionamiento y patios de maniobras.

De operaciones aéreas

Sistema de ayudas para la navegación

Un radiofaro tipo VOR-DME instalado dentro del mismo aeropuerto, el cual sirve para la recalada y salida del aeropuerto, desde y hacia otra estación y en la que generalmente se basan los procedimientos de operación para las maniobras de aproximación, aterrizaje y despegue.

Sistema de ayudas visuales

Sistema de iluminación de aproximación de precisión Categoría I

Fila de luces en la prolongación del eje de la pista, extendiéndose hasta una distancia de 900 m a partir del umbral, con una fila de luces que formen una barra transversal de 30 m de longitud, a una distancia de 300 m del umbral de la pista.

Sistema visual indicador de pendiente de aproximación (PAPI)

En cada una de las cabeceras de la pista, como ayuda a las aproximaciones y aterrizajes

Sistema de luces de alta intensidad para la pista (luces de borde de pista; luces de identificación de umbral de pista; luces de extremo de pista y luces de zona de parada).

Sistema de luces para las calles de rodaje y plataformas

Alumbrado general de la plataforma comercial, postes con luminarias

Conos de viento iluminados

Faro de aeródromo

Señales no luminosas:

Señalamiento horizontal de pista

Señalamiento horizontal de calles de rodaje

Señalamiento horizontal de plataformas.

Señalamiento vertical, letreros iluminados de información en el área de operaciones.

Edificio de Mantenimiento y bloque técnico del aeropuerto

Se requerirá de una subestación eléctrica, plantas de emergencias, taller de reparaciones y mantenimiento, entre otros.

Cuerpo de rescate y extinción de incendios

El nivel de protección que debe proporcionarse a este aeródromo corresponde a la Categoría 8, para una longitud total del avión de 49 a 61 m y una anchura máxima de fuselaje de 7 m.

Constará de dos partes: la zona de cobertizo para los equipos y la zona de servicios y dormitorios. La zona de cobertizos deberá dar capacidad para un mínimo de tres vehículos de salvamento y extinción de incendios con área de trabajo y almacén. El acceso al área de operaciones debe ser lo más corta posible, directa y sin obstáculos; estimando un tiempo de respuesta de 2 minutos y nunca superior a 3 minutos, hasta el extremo de la pista, así como hasta cualquier parte del área de movimiento.

Oficinas

Consistirá en un edificio terminal de cuatro pisos. En el cuarto piso se establecerán las áreas administrativas; el área de documentación se encontrará en el nivel principal y habrá un nivel de circulación adicional para crecer en el futuro dedicado a pasajeros y manejo de equipaje.

Instalaciones para el control del tráfico aéreo

Torre de Control

Esta torre de tráfico aéreo tendrá visibilidad total de las cabeceras de la pista. Su altura se determinará con base en una pendiente del 1% desde la cabecera más alejada hasta el lugar donde se ubique, conforme a las recomendaciones de la OACI. De igual forma, tendrá control visual del espacio aéreo circundante, de las calles de rodaje y de las plataformas para el estacionamiento de las aeronaves.

Constará de una cabina en su parte superior, bajo la cual se tendrá una subcabina. En la cabina se ubicarán la consola de control y la de ayudas visuales; el área de trabajo; una pequeña área para descanso y una cocineta; la subcabina se utilizará básicamente para el equipo de radio; grabadoras, áreas de trabajo, equipo de apoyo y sanitario con regaderas.

Almacenes y Bodegas

Bodega de carga y líneas áreas

El proceso de carga área quedará a cargo de las aerolíneas, las cuales se construirán en el mismo conjunto, además del módulo de carga, otras instalaciones adicionales para apoyar su operación, las cuales incluyen, entre otros: área para el equipo de mantenimiento, equipo de radio comunicación, comedor para empleados, baños, patio de maniobras para manejo de sus equipos, atención al público y estacionamientos vehicular y de trailers en una superficie de 57,700 m². El área de carga requiere de espacio para bodegas, rezagos y oficinas, entre otros.

Accesos, vialidad interna y estacionamientos para los vehículos utilitarios.

Camino de acceso a la terminal

Se tendrán dos accesos al edificio terminal uno directamente de la carretera México-Pachuca y el otro de la carretera que comunica a la localidad de Villa de Tezontepec, ambas deberán permitir el acceso a los estacionamientos y las áreas en general.

Camino de acceso a la zona de carga y de combustibles

El acceso a la zona de carga y de combustible será por un entroke de la autopista México-Pachuca, mediante un entronque construido ex profeso.

Vialidad interna

En la parte interna del aeropuerto será necesaria la construcción de un camino que sea transitable en todas las épocas del año, a fin de vigilar y en su caso dar mantenimiento al cercado perimetral del aeropuerto.

Por otro lado se construirá además de las calles de rodaje de los aviones, vialidades internas que permitan la conexión de todas las áreas para su mantenimiento y en su caso para la atención de posibles eventos extraordinarios.

Estacionamientos

Se consideran inicialmente dos estacionamientos, uno se localizará en la zona denominada Base de Operaciones, en una superficie de 44,000 m² y otro localizado en la Central de carga, con 13,700 m².

Es importante señalar que se tendrán además como áreas de futuro crecimiento estacionamiento para taxis, autobuses y otro estacionamiento más amplio para el público en general.

Otras obras requeridas

Sistema de drenaje sanitario

El drenaje sanitario consistirá en un sistema de recolección de las aguas residuales que se generen en todos los servicios sanitarios instalados dentro del Aeropuerto Metropolitano de México, para su conducción hacia una planta de tratamiento de aguas residuales.

Instalaciones para el manejo y disposición final de residuos sólidos y peligrosos

Para proporcionar un manejo integral a los residuos sólidos que se generen en la etapa de operación de las diferentes etapas del Aeropuerto Metropolitano de México, se contará con un centro de acopio y de transferencia, dicho centro contará con casillas que permitan la clasificación de los residuos para su entrega ordenada y en su caso la venta de los materiales. Este centro de acopio tendrá las dimensiones necesarias que permitan su manejo adecuado además de que se evite el contacto con la lluvia y el viento, por lo que serán instalaciones cerradas con la ventilación necesaria. En lo que respecta al manejo y almacenamiento temporal de los residuos peligrosos, las instalaciones serán construidas bajo los lineamientos que las normas establecen en cuanto a dimensiones, materiales y señalamientos.

Planta de tratamiento de aguas residuales

Las aguas residuales generadas en servicios sanitarios, regaderas, talleres y demás servicios, serán concentradas en un cárcamo para su tratamiento, a fin de observar los límites máximos permisibles establecidos en la NOM-003-SEMARNAT-97, toda vez que se propone que el agua resultado del tratamiento sea reutilizada en servicios.

Manejo y disposición de aguas de servidas

El manejo y tratamiento del agua residual que se genera en las aeronaves presenta dificultades para su tratamiento, ya que se le agrega un producto que inhibe a los microorganismos que realizan la descomposición de la materia orgánica, por lo que previo a la mezcla con las aguas de la planta de tratamiento se requiere realizar la dilución.

El proceso consiste en un cárcamo con capacidad para recibir el contenido de las aguas que se transportan en las aeronaves. En esta parte, se le agrega agua residual tratada para mejorar una dilución de 3 a 1 y con esto, disminuir el efecto inhibitor del producto.

Posteriormente, se realiza un cribado para eliminar los residuos sólidos y evitar el taponamiento del equipo de bombeo.

Consecutivamente, se realiza una aireación y trituración para iniciar el proceso de oxidación de la materia orgánica y finalmente, esta agua se bombea a la planta de tratamiento de aguas residuales.

Drenaje pluvial

El drenaje pluvial de las pistas de aterrizaje estarán constituidas por cunetas laterales que conducirán el agua hasta un dren pluvial donde serán captadas, para su posterior uso en servicios, previo tratamiento o bien su reinyección al acuífero.

Otros servicios auxiliares para la operación

Abastecimiento de agua potable

Aún cuando el corredor Tizayuca-Pachuca se encuentra dentro de la cuenca hidrológica del Valle de México, que actualmente enfrenta serios retos de manejo, el sitio cuenta con tres acuíferos principales, dos dentro de la cuenca: el de Pachuca-Tizayuca y el de Apan, que actualmente exportan agua hacia zonas urbanas de la metrópoli, y uno alternativo: el acuífero de Actopan, que pertenece a una cuenca independiente.

Dicho acuífero independiente se halla a una distancia de menos de 30 kilómetros y dada su gran capacidad y su baja explotación actual, representa la fuente de abastecimiento más próxima.

Al alcanzar su máxima capacidad, el proyecto Valle Tizayuca albergará alrededor de un millón de habitantes, con una dotación de agua de 378 litros al día por habitante. El consumo de agua

planteado es de 200 millones de metros cúbicos anuales, por lo que el volumen de agua disponible será casi el doble del requerido.

Protección de terreno, cercado perimetral

En todo el polígono que comprende al aeropuerto y sus áreas complementarias se circulará con una malla ciclón de 3 metros de altura, a fin de mantener un control y delimitación del sitio.

Sistema de iluminación urbana

Las vialidades alrededor del área terminal y frente a la misma estarán iluminadas en toda su longitud, en la forma usual para las calles de una Ciudad. Este mismo servicio se tendrá en todos los elementos como estacionamientos, almacén de combustibles, zona de carga, hangares, y demás áreas complementarias.

Suministro de energía eléctrica, alta tensión

El sitio Tizayuca es cubierto por tres subestaciones eléctricas, con una capacidad instalada en conjunto de 300 MVA. Existen previsiones para ampliar la cobertura y dar servicio a los desarrollos que albergará el proyecto Valle Tizayuca. Es importante señalar que se contará con las plantas de emergencia y transformadores necesarios en las áreas estratégicas, a fin de garantizar las operaciones.

Distribución de la infraestructura

En la carpeta de anexos "Relación de planos y archivo fotográfico", se muestra la distribución de los desarrollos que comprende el Aeropuerto Metropolitano de México

Tipo y Características de las Aeronaves

El plan conceptual considera las operaciones de las nuevas aeronaves grandes (NLA por sus siglas en inglés-New Large Aircraft) como el Airbus A380, por ejemplo el Superjumbo Airbus A380

El modelo A380 del fabricante europeo de aviones Airbus, es el avión comercial más grande del mundo, cuyo peso será de 276 a 290 toneladas. El consumo de combustible del aeroplano será de 2,9 litros de combustible por pasajero cada 100 kilómetros de vuelo.

CARACTERÍSTICAS DE LA FLOTA ESTIMADA

Categoría	Aeronave	Peso promedio de despegue	Peso promedio combustible máximo	Carga promedio	Tiempo de carga descarga en hrs	% de operaciones en pernocta	Rango carga toneladas	Carga promedio ton	F.O.	Carga máxima (Ashford) ton	Carga máxima ash	Peso máximo base	Max. Take off weight tonnes	Máxima carga de combustible	Longitud de pista m
carga															
grande	A380	334	220	70	3	15%	+80	100	70%				560	310	
	MD11	334	220	70	3	15%	+80	100	70%			274		146	
	B747-200F	334	220	70	3	15%	+80	100	70%	115.5	72.2	394	349.3	204	3,200
C. ancha	B767-200	207.7	85.3	52.5	2.1	10%	50-80	70	75%		30.7	185	136.1	63	1,772
	DC10-30F	207.7	85.3	52.5	2.1	10%	50-80	70	75%	70.5		268		153	
	A300-600	207.7	85.3	52.5	2.1	10%	50-80	70	75%			170	165 (171.7)	40	
C angosta	DC8F	150	69.7	28	1.2	7%	30-50	40	70%	43.2		148		91	
	A310-200 ton	150	69.7	28	1.2	7%	30-50	40	70%		31.6	164	150/132	55	1,844
	A300B4	150	69.7	28	1.2	7%	30-50	40	70%		35.2	138	150	63	2,664
Pequeños	DC9-50	63.7	22.0	13	0.6		-30	20	65%		15	49	29.5	16	1,673
	B737-200QC	63.7	22.0	13	0.6		-30	20	65%	15.1	15.9	65	52.4	20	1,996
	B727-100	63.7	22.0	13	0.6		-30	20	65%	19.6		77		30	
	B727-200										18.6	77	94.1		3,072

II.2.2. Descripción de obras y actividades provisionales y asociadas

Tabla C. Obras y actividades provisionales y asociadas

Tipo de infraestructura	Información específica
Construcción de caminos de acceso	<p>El camino de acceso a la obra se hará en el mismo lugar que el camino definitivo de entrada al aeropuerto. Es decir, se construirá un entronque por la carretera México-Pachuca.</p> <p>Asimismo, se construirá un camino más por el acceso a la población de Villa de Tezontepec el cual tendrá mantenimiento permanente para ser transitable y posteriormente ser utilizado como acceso al Aeropuerto Metropolitano de México .</p>
Almacenes, bodegas y talleres, plantas de asfalto, patios de maquinaria, plantas trituradoras	<p>Para el almacenamiento de materiales, equipo, maquinaria y herramientas, se contará con áreas construidas ex profeso, las cuales operarán de forma temporal mientras duren las obras. El material utilizado para la construcción de estas áreas será de lámina galvanizada y lámina de cartón principalmente.</p> <p>La maquinaria empleada en la construcción será dispuesta a un costado de la zona de almacenaje de materiales, esto mientras están fuera de operación.</p> <p>Se contará con un área de mantenimiento de maquinaria, la cual estará acondicionada con piso de concreto, canaletas y cubierta con lámina galvanizada en la parte superior.</p> <p>El área de almacenes y taller estará delimitado con malla ciclón y los accesos serán controlados.</p> <p>Para evitar el derrame de productos asfálticos y sus aditivos, así como de combustibles y lubricantes, se verificará frecuentemente que los tanques de almacenamiento, sean fijos o móviles, así como sus conexiones y equipo de bombeo, no presente fugas, y en caso necesario, realizar en forma inmediatas.</p> <p>Es importante señalar que el suministro de combustible a la maquinaria y equipo se realizará utilizando sifones, con las tapas de los recipientes cerradas para evitar la</p>

Tipo de infraestructura	Información específica
	<p>contaminación del suelo por derrame de hidrocarburos.</p> <p>En el área de mantenimiento se contará con recipientes para coleccionar el aceite usado, ya sea de las máquinas de construcción o de los vehículos de volteo, camionetas, otros, empleados en esta etapa. Manejo similar se le dará al líquido de frenos, anticongelantes. Dichos materiales serán dispuestos en el área de almacenaje de materiales peligrosos para su entrega a empresa autorizada por esa Secretaría.</p> <p>En relación a la planta para elaborar carpeta asfáltica, esta infraestructura no será necesaria instalar dentro del polígono del aeropuerto, ya que se tienen dos plantas (asfaltadora y productora de ACE20), aproximadamente a 10 minutos del área de estudio, una de las asfaltadoras es propiedad del Gobierno del Estado y la otra corresponde a la iniciativa privada; sitios de donde se proveerá para desarrollar el proyecto y sus áreas complementarias. Sin embargo, se hace necesaria la instalación de una planta de concreto hidráulico (Anexo 1 del Cuadro C)</p> <p>Se requerirá de bancos de tiro, donde se depositará el producto generado por la capa de tierra que será removida, mismo que corresponde a aproximadamente 20 centímetros de profundidad en promedio y que para el proyecto del Aeropuerto Metropolitano de México, se hace necesaria la remoción de una superficie de 980 has. Cabe destacar que una parte importante del material será destinado para realizar trabajos de saneamiento y clausura de los sitios de disposición de residuos municipales.</p> <p>En relación a las fuentes de suministro de materiales pétreos, estos serán obtenidos de los bancos existentes en la zona, como son: Acozac, La Ladera, Jagueycillo y El Picacho, todos ellos en el Municipio de Villa de Tezontepec, así como los que operan en los municipios de Pachuca y Mineral de la Reforma, Hgo.</p>
Campamentos, dormitorios, comedores	Considerando la relativa cercanía con los poblados de Villa de Tezontepec, Tolcayuca, Tizayuca y Zempoala, y con el afán de fortalecer el poder adquisitivo de las comunidades en la región, se utilizará mano de obra local para el trabajo no especializado, así mismo se procurará dar cabida a la

Tipo de infraestructura	Información específica
	<p>población de nivel licenciatura y técnicos en las áreas que correspondan, por lo que se evitará en la medida de lo posible la instalación de campamentos. Al personal especializado se le dará alojamiento en las poblaciones cercanas.</p> <p>El personal que permanecerá en las instalaciones en los turnos nocturnos, será el de vigilancia.</p>
Instalaciones sanitarias	Serán arrendados sanitarios portátiles para su instalación en cantidad suficiente y sitios estratégicos, lo que permita dar un manejo adecuado a los residuos orgánicos generados.
Bancos de material	<p>Los materiales serán abastecidos de los bancos El Picacho, La Ladera, El Jagueycillo y Acozac así como los existentes en los mpios. de Pachuca y Mineral de la Reforma, Hg. Los materiales serán arena, grava, piedra, tepetate, sello, entre otros.</p> <p>La extracción se realizará utilizando material explosivo en algunos de los casos. Es importante resaltar que los materiales serán adquiridos con la granulometría necesaria, únicamente para ser utilizadas de forma directa en la obra.</p> <p>Cabe destacar que dichos bancos de material cuentan ya con autorización en materia de impacto ambiental, según oficios Nos. CEE/IA-0027/98; CEE/IA-0034/98; CEE/IA-0063/99.</p>
Planta de tratamiento de aguas residuales.	Durante la etapa de preparación del sitio y construcción no se empleará ningún sistema de tratamiento de aguas residuales, ya que se operarán sanitarios portátiles.
Sitios para la disposición de residuos.	<p>El manejo de las grasas y aceites gastados, estopas empleadas, filtros, y demás residuos generados en la etapa de mantenimiento del equipo y maquinaria serán manejados a través de tambos metálicos de 200 litros, almacenados de manera temporal en un sitio ex profeso, mismo que cumplirá con las disposiciones que tanto la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente como el Reglamento en materia de Residuos Peligrosos, establece.</p> <p>Posteriormente, dichos materiales serán entregados a</p>

Tipo de infraestructura	Información específica
	empresas en la Entidad para su tratamiento, reformulación o bien incineración, este último caso, será manejado con las empresas cementeras que tengan autorización para desarrollar dicha práctica. En relación a los residuos no peligrosos, estos serán almacenados de manera temporal, y enviados al vertedero municipal de Zapotlán, ubicado en el Ejido de San Pedro, camino a la Biznaga, previa clasificación de aquellos residuos como el cartón, madera, fierro, otros.
Ductos para sustancias peligrosas	No se requiere infraestructura de estas características para la etapa de preparación del sitio y construcción.
Subestaciones eléctricas	No se requiere infraestructura de estas características para la etapa de preparación del sitio y construcción.
Líneas de transmisión	No se requiere infraestructura de estas características para la etapa de preparación del sitio y construcción.

Anexo 1 del Cuadro C

Plantas de concreto hidráulico

La gran producción de concreto hidráulico, exige grandes máquinas y entre mayor sea su capacidad, la contaminación por elaboración del concreto es mínima, ya que los materiales desde su almacenamiento, ya tienen una humedad conveniente para su manejo y traslado final a las procesadoras (revolvedora).

En este caso, el consumo de agua es un elemento importante, ya que debe ser lo más puro posible, de tal forma que el suministro será a través de un pozo, que para el caso que nos ocupa y por las distancias que se guardan en relación al polígono, podrá ser del pozo 14.

II.2.3. Ubicación del proyecto

Información que se incluye en el Capítulo I, punto 5.6

II.2.3.1 Superficie total requerida

a) La total del predio o del trazo

11, 477 has que corresponden al Proyecto Valle Tizayuca

Proyecto integral que comprenderá los siguientes desarrollos:

Área	Suelo (has)
Aeropuerto	910
Cargo City	70
Parque Industrial	751

Parque Logístico	138
Centro Comercial	3.2
Edificio de Oficinas	2.3
Hotel	1.6
Total	1,876

b) La de construcción

Se consideran 980 has para construir el Aeropuerto Metropolitano de México, mismo que aún y cuando no se va a desarrollar en la totalidad de la superficie, esta si va a ser recubierta en un 99% por obras y concreto asfáltico flexible e hidráulico.

c) La que se plantea desmontar y su porcentaje con respecto al área arbolada

Es importante señalar que no se llevarán a cabo actividades de desmonte, toda vez que las zonas son agrícolas de temporal (cebada) de bajo rendimiento, por lo que no existe vegetación nativa, tampoco se tienen árboles nativos dentro del polígono; los magueyes que se encuentran en la zona del proyecto, serán incorporados a un Programa de Rescate y Reubicación. Sin embargo, en las 980 has consideradas para el desarrollo Aeropuerto Metropolitano de México, se realizarán actividades de despalme en aproximadamente 882 has, con la remoción de una capa vegetal de aproximadamente 20 centímetros de profundidad.

d) La que ocuparán las obras y servicios de apoyo como campamentos, patios de maquinaria, sitios de tiro, etcétera.

No se tendrán campamentos dentro del polígono del desarrollo; asimismo los sitios de tiro, serán aquellas áreas que han sido impactadas por el aprovechamiento de materiales pétreos (particularmente bancos de materiales abandonados o fuera de operación); previa autorización de los propietarios, autoridades ejidales y en su caso de los ayuntamientos involucrados. En este sentido, es importante mencionar que los Municipios de Tizayuca, Epazoyucan y Zempoala, presentan una importante actividad en materia de aprovechamiento de recursos no renovables (arena, piedra, grava, tepetate, granzón, otros), por lo que a efecto de coadyuvar en la mitigación de los impactos ambientales generados por el aprovechamiento de estos recursos, se destinará una parte importante de la tierra vegetal para la rehabilitación de las áreas impactadas.

En relación a los almacenes, áreas de servicios; patios de maquinaria y de maniobras, estos serán ubicados dentro del polígono a fin de facilitar los trabajos. El área próxima a utilizar se considera de 1 ha.

e) Las correspondientes a áreas libres

98 has de un total de 980 has

f) Las arboladas y no arboladas

Estas áreas corresponden a las de construcción, a aquellas recubiertas con concreto o asfalto y a zonas libres.

g) Las requeridas para caminos de acceso y otras obras asociadas

El porcentaje de área destinada como accesos es de 0.005% en relación a la superficie total del desarrollo (4.9 has).

Considerando los incisos antes citados, es importante señalar que la superficie donde se plantea el Aeropuerto Metropolitano de México es de uso agrícola temporalero de bajo rendimiento. Los suelos son de aptitud media (clase 2) o media alta (clase 3). El subsuelo de la región no representa riesgo alguno, por ser de arena gruesa y no consolidada, derivado de las tierras volcánicas contiguas. Los principales cultivos son cebada y maíz cuyo rendimiento es de 1 ton/ha de cebada y de 2 ton/ha de maíz. El área ha sido impactada y modificada totalmente en cuanto a flora nativa se refiere, desde el momento en que se prepararon los terrenos para labor; por lo anterior no se requerirá de un cambio de uso del suelo, así como tampoco de hacer una clasificación sobre el tipo de usos del suelo y la actividad que en ellas se desarrolla, pues el polígono donde se proyecta la construcción del Aeropuerto Metropolitano de México es similar: agrícola temporalero de baja producción.

II.2.3.2. Vías de acceso al área donde se desarrollarán las obras o actividades

Se dispone de una amplia y eficiente infraestructura para las comunicaciones por carretera y ferrocarril. Tal es el caso de la actual autopista México-Pachuca; las autopistas México-Tuxpan, Pachuca-Actopan; Tula-Actopan; Pachuca-Tepeapulco (Cd. Sahagún) y en proceso de construcción la autopista Pachuca-Tulancingo, y la vía corta de ferrocarril México-Pachuca, las cuales pasan a un costado del área del proyecto Valle Tizayuca.

Cabe destacar que las comunicaciones señaladas se coordinan perfectamente con las carreteras México-Tuxpan y Palmillas-Sahagún-Apizaco (en proyecto), así como con tramos carreteros de otros Estados, lo cual permite conectar por primera vez y prácticamente en línea recta, al Pacífico con el Golfo, además de unir al Norte, Occidente y Sureste del País, constituyendo al Proyecto Valle Tizayuca en el detonador de la zona Centro País. Por otro lado, se da la máxima prioridad a la propuesta de construcción del Libramiento Arco Norte, que hará posible vincular a la corona de ciudades y permitirá el flujo del transporte desde el Sureste y el Golfo de México hacia el Occidente y el Norte, sin cruzar por la Sierra Nevada y la Ciudad de México.

Es importante citar que el Proyecto Valle Tizayuca, contempla la instalación de un aeropuerto y un cargo city, equipado con tecnología de punta para su operación, superando las limitaciones de transporte que se observan en el centro del país y conjugando el transporte de mercancías por avión, ferrocarril y camiones, para mayor atractivo de empresas que utilizan programas "justo a tiempo" y de empresas internacionales que buscan condiciones de infraestructura similares a las de su País de origen.

Para este desarrollo se contempla utilizar la vía de ferrocarril que ya existe a un costado del proyecto Aeropuerto Metropolitano de México, infraestructura que es usada parcialmente en sus puntos estratégicos y tiene acceso a las principales vías férreas. Se programan además acciones como la construcción de otras líneas, un entronque entre Tula, Pachuca y el Proyecto Valle Tizayuca, la operación de trenes unitarios con tracción diesel sobre la línea doble electrificada México-Querétaro. Además de la rehabilitación de diversos tramos ferroviarios, para que sean

capaces de transportar carros de 120 toneladas métricas, característica requerida para el enlace de viajes procedentes y con destino a los Estados Unidos de América.

I.2.3.3. Descripción de los servicios requeridos

Los servicios requeridos para el proyecto Aeropuerto Metropolitano de México, son:

Etapas de preparación del sitio y construcción:

- **Maquinaria.**- Traxcavos, motoconformadoras, vibrocompactadores, camiones de volteo.
- **Suministro de combustibles** a la maquinaria y equipo, actividad que se llevará a cabo mediante el uso de sifones, con las tapas de los recipientes cerradas para evitar la contaminación del suelo por derrame de hidrocarburos.
- **Áreas de mantenimiento del equipo y maquinaria**, la cual será llevada a cabo en un área techada y recubierta con concreto para evitar la contaminación al suelo.
- **Letrinas portátiles** para el personal, las cuales serán localizadas en zonas estratégicas y en número suficiente para atender la demanda. El mantenimiento y retiro de la materia orgánica será periódica y bajo responsabilidad de la empresa contratista del servicio.
- **Área para el manejo y almacenamiento temporal de los residuos peligrosos y no peligrosos (sólidos municipales)**, en el segundo caso, estos serán retirados cada tercer día y enviados al vertedero municipal de Zapotlán de Juárez, Hgo. En relación a los residuos peligrosos (aceites gastados, estopas y demás), serán entregados a una empresa autorizada por esa Secretaría para su manejo y disposición final.
- **Suministro de agua para terracerías, concreto y servicios personales**
Se tomará del pozo que se encuentra relativamente cercano al polígono (pozo 14). El agua se cargará en pipas para suministrar a las áreas de construcción y se almacenará en depósitos provisionales para el uso del personal.

Etapas de operación:

Suministro de agua potable.- inicialmente se llevará a cabo utilizando el pozo No. 14, mismo que se encuentra relativamente cercano al desarrollo Aeropuerto Metropolitano de México.

Servicio de drenaje y tratamiento de aguas residuales.- el desarrollo Aeropuerto Metropolitano de México, tendrá su propio sistema de drenaje de aguas pluviales y sanitarias, así como un sistema de tratamiento de aguas servidas que dará atención a las aguas residuales generadas. En relación al manejo de aguas pluviales, éstas serán captadas, conducidas, tratadas e inyectadas al subsuelo bajo mecanismos que eviten la generación de impactos adversos a las instalaciones del desarrollo. Es importante señalar que las áreas verdes localizadas dentro del Aeropuerto Metropolitano de México, serán regadas con aguas tratadas, por lo que no serán requeridos servicios externos para esta actividad.

Suministro de energía eléctrica.- El sitio Tizayuca es cubierto por tres subestaciones eléctricas, con una capacidad instalada en conjunto de 300 MVA. Existen previsiones para ampliar la cobertura y dar servicio a los nuevos proyectos, entre los que destacan el aeropuerto, cargo city, parques industriales y de logística; centro comercial, edificio para oficinas y hotel, entre otros.

Suministro de gas L.P.- abastecimiento de los tanques estacionarios a través de las empresas distribuidoras en la región.

Recolección y disposición final de los residuos sólidos peligrosos.- Para desarrollar esta actividad se contratará a una empresa autorizada para que preste el servicio de recolección, transporte y disposición final, bajo el concepto de contrato temporal.

Transporte terrestre y de carga.- Este servicio será proporcionado por empresas diversas, mismas que cuenten con la concesión del servicio para desarrollar la actividad.

Suministro de gasavión y turbosina.- Servicio proporcionado vía carros tanque por empresa autorizada, y almacenado en área expofeso para el abastecimiento de aeronaves a través de hidrantes o pipas.

II.3 .DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS Y ACTIVIDADES

II. 3.1. Programa general de trabajo

La ejecución del proyecto en sus tres fases se estima en 21 meses contados a partir de la terminación de los estudios de ingeniería básica. La Fase 1 (Aeropuerto y Cargo City), está considerada desarrollarse en 5 meses, las Fases 2 y 3 se programan construirse en 16 meses.

CALENDARIO DE OBRA

CONCEPTO	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5
PISTA					
Despalme del terreno					
Trazo de ejes constructivos					
Excavación para cimentaciones					
Compactación					
Cimentación					
Obras de drenaje					
Pavimentación					
BASE DE OPERACIONES					
<i>Plataformas</i>					
Despalme del terreno					
Trazo de ejes constructivos					
Excavación para cimentaciones					
Compactación					
Cimentación					
Pavimentación					

II.3.2. Selección del sitio o trayectoria

II.3.2.1 Estudios de campo

Se elaboraron talleres de trabajo con funcionarios municipales y ejidatarios de las comunidades de los municipios que comprenden la zona a desarrollar, con el fin de mantenerlos informados sobre cuales serian sus posibilidades de desarrollo en el marco de la realización del proyecto.

Se elaboraron estudios sobre los rubros de ecología (Políticas y Criterios Ecológicos en base a los Ordenamientos Ecológicos Territoriales), agua (Plan de Manejo de Agua); población (tendencias de crecimiento con y sin proyecto), tierra (usos de suelo con y sin proyecto), vialidades y carga aérea (Diagnóstico de 13 aeropuertos en el país), entre otros.

Se realizaron además recorridos y levantamiento de archivos fotográficos así como una Auditoria Ambiental Fase I para el polígono, propuesta para el emplazamiento del aeródromo de Carga en el Valle de Tizayuca.

II. 3.2.2. Sitios o trayectorias alternativas

En el proceso de selección del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, se evaluaron en el Estado de Hidalgo algunos predios, de estos el que reunió los requerimientos de la OACI fue el sitio actualmente en estudio, mismo que la UNAM evaluó y comparó con el sitio Texcoco. en los rubros de hidrología, contaminación, desarrollo urbano, potencial del suelo, geotecnia ambiental, diversidad biológica y riesgos para la operación del aeropuerto. Dicho estudio se denominó: ***Evaluación ambiental comparativa de dos sitios considerados para la reubicación del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Cd. de México***

(NAICM), sus conclusiones y recomendaciones han sido analizadas y retomadas como lineamientos complementarios para fortalecer la integración del presente Manifiesto de Impacto Ambiental-Modalidad Regional, de acuerdo a lo sugerido por el Programa Universitario de Medio Ambiente-UNAM. Es de especial relevancia señalar que el equipo interdisciplinario que se integró, concluyó que en términos ambientales, ninguna de las dos opciones predomina sobre la otra, independientemente de que en dicho estudio se identifican patrones de afectación específicos para cada opción; sin embargo, una de las ventajas del sitio Tizayuca es que exigirá menores requerimientos de agua, generará una menor pérdida del potencial suelo y presentará menores riesgos a la construcción asociados a grietas y hundimientos

Una vez tomada la decisión a favor de Texcoco, el proyecto de aeropuerto propuesto por el Estado de Hidalgo, se reorientó; para ello, se realizaron estudios geológicos, de mecánica de suelos, hidrológicos (Plan de Manejo del Agua; documento que refiere el Diagnóstico del Manejo Actual del Agua en la Subcuenca Valle Tizayuca) y ambientales (Auditoria Ambiental Fase I para el polígono, propuesta para el emplazamiento del aeródromo de Carga en el Valle de Tizayuca), entre otros, a fin de desarrollar en éste el Aeropuerto Metropolitano de México; mismo que comprende un aeropuerto, un cargo city, parques industriales y de logística; centros comerciales, oficinas y un hotel, todo ello por fases.

Es importante mencionar que el terreno y en general la zona de estudio, cumple con los requerimientos que señala la OACI para proyectos de esta naturaleza:

- Visibilidad adecuada
- Características del uso del suelo
- Capacidad de carga del suelo
- Características meteorológicas
- Proximidad a centros de demanda, no sólo al de la Ciudad de Pachuca, Estado de México o Distrito Federal, sino también al resto Estados de la República Mexicana que conforman la corona de ciudades.
- Criterios de sustentabilidad e impulso de nuevos polos de desarrollo.
- Infraestructura vial actual y proyectada

Y toda vez que los terrenos de Zapotlán de Juárez y Villa de Tezontepec, Hgo., cumplen cabalmente con los requisitos establecidos, se señala que será en los terrenos del Municipio de Zapotlán de Juárez, Hgo., en donde se ubique la primer pista.

II. 3.2.3. Situación legal del o los sitios del proyecto y tipo de propiedad

El terreno ha sido adquirido por el Gobierno del Estado, por lo que no se tendrá que efectuar ninguna operación, desalojo o reubicación de familias y poblados. Se cuenta con el dominio pleno y la adquisición de la superficie total que involucrará la construcción del Aeropuerto Metropolitano de México, soportado principalmente por el Decreto Gubernamental, mediante el cual se emite la Declaratoria de Destino para el Desarrollo Integral del Valle de Tizayuca.

II. 3.2.4. Uso actual del suelo en el sitio del proyecto y sus colindancias

El uso del suelo en el polígono que comprende el desarrollo Aeropuerto Metropolitano de México, es netamente agrícola de temporal con rendimiento bajo, según lo establece el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Hidalgo (Unidades de Gestión Ambiental II y III).

En las colindancias al desarrollo referenciado se tiene lo siguiente:

Al Norte terrenos agrícolas temporaleros; al Sur camino de acceso a la cabecera municipal de Villa de Tezontepec, Hgo., al Este se tiene la vía del tren México-Pachuca y terrenos de temporal en donde se siembra cebada; al Oeste se tiene la carretera 85 y posteriormente usos diversos, destaca la agricultura de temporal (cebada).

II. 3.2.5. Urbanización del área

La cabecera municipal de Villa de Tezontepec; Téllez; Zapotlán y Tolcayuca cuentan los servicios de agua potable; drenaje sanitario; electrificación, teléfono, alumbrado público, transporte público, recolección de residuos municipales, vialidades en condiciones adecuadas que permiten la conexión con la carretera 85 y por ende con el proyecto.

En estas localidades no se cuenta con infraestructura para el tratamiento de aguas residuales municipales.

En relación a la infraestructura para disponer de manera definitiva los residuos sólidos municipales, el vertedero localizado en la col. Morelos y que sirve al Municipio de Villa de Tezontepec, Hgo., a través de 1 camión recolector, cuenta con una superficie aproximada de 1 ha. A este predio se le requerirá iniciar con los trabajos de saneamiento y clausura pues su vida útil ha llegado a su límite, por lo se deberá buscar un nuevo sitio de disposición para esta localidad previendo que el terreno se localice a las distancias establecidas en relación a aeropuertos.

El Municipio de Zapotlán de Juárez, cuenta con 4 camiones para prestar el servicio de recolección, el predio en donde dispone se localiza en el Ejido de San Pedro, camino a la Visnaga en ese mismo Municipio y el terreno tiene una superficie de 2 has.

II.3.2.6. Área natural protegida

El proyecto Valle Tizayuca, no es ni se encuentra en un área natural protegida; ya que como se citó anteriormente el uso del suelo es agrícola de temporal (cebada y avena).

II.3.2.7. Otras áreas de atención prioritaria

El proyecto Valle Tizayuca no afecta áreas prioritarias, sin embargo es importante citar las equidistancias a ellas y el motivo por el cual se consideran prioritarias

Laguna de Tecocomulco: localizado al Sureste a 50 kilómetros del proyecto Valle Tizayuca
SITIO RAMSAR No. 1322

Coordenadas geográficas.

Se localiza entre los meridianos 10° 53' 20" y 19° 50' 08" de Latitud Norte y los paralelos 98° 21' 54" y 98° 25' 44" de Longitud Oeste.

Descripción General: De acuerdo a la clasificación realizada por la Comisión Nacional de Agua (CNA), la Cuenca de Tecocomulco es una subdivisión regional hidrológica de la Cuenca del Valle de México. Ésta se ubica en el borde sur de la mesa central, queda comprendida en el centro de una gran zona volcánica que atraviesa la República Mexicana de oeste a este, se le considera dentro del grupo de las "Cuencas cerradas" que se ubica en la Región Hidrológica No. 26.

Es un relicto del antiguo ecosistema lacustre que predominó en toda la Cuenca de México hasta finales de 1940, cuando se empezó a secar drásticamente. Se le considera como el último humedal relicto en el que se refugian y habitan peces, anfibios y aves acuáticas características de lo que fueron los Lagos del Anáhuac.

II. 3.3. Preparación del sitio y construcción

II. 3.3.1. Preparación del sitio

A. Despalme

La superficie que será afectada son 882 has, esto una vez concluidas todas las fases del proyecto. Es importante referir que el 1% va a ser destinado como área verde, por lo que dicha área será conservada y mejorada en sus condiciones paisajísticas y de fertilidad. Parte del material de despalme será destinado a esta zona.

B. Excavaciones

No se destruye ni se obstruyen cauces de aguas pluviales, asimismo y con la finalidad de manejar el flujo de aguas pluviales se construirá bajo las pendientes adecuadas que permitan su captación y disposición final.

Los materiales empleados en la etapa de preparación del sitio y construcción serán adquiridos de los bancos pétreos que operan en la región, mismos que cuentan con los licenciamientos ambientales en la materia.

La profundidad promedio para retirar la tierra vegetal es 20 centímetros aproximadamente, actividad que será efectuada con maquinaria pesada.

El volumen de material sobrante o residual que se generará en estas etapas, será dispuesta para el saneamiento y clausura de vertederos municipales, así como en trabajos de rehabilitación de bancos de material pétreo, previa anuencia de sus titulares.

C. Cortes

La técnica constructiva se basa en el uso de maquinaria pesada, con tractores DC8, apoyado con cargador frontal, volteos y en su momento riego de las áreas con pipas.

Los taludes que se formarán no pasarán del 2.5% de pendiente, por lo que no requieren de trabajos especiales de protección; al final de los laterales del terraplén, se formará una cuneta con revestimiento de concreto. Es importante destacar que las áreas destinadas como verdes, no serán removidas. El material resultado del corte será enviado a los vertederos que así lo requieran para realizar actividades de saneamiento y clausura, otra parte será destinada para restaurar y rehabilitar las áreas impactadas por el aprovechamiento de material pétreo, previo consenso con sus titulares.

D. Rellenos

En zona terrestre

El material (tepetate) que se empleará para dicha acción se ubica en los predios donde se proyecta la obra. Todas las maniobras de traslado serán con maquinaria pesada, camiones de volteo y cargadores. En este como en otros casos, se trabajará con empresas contratistas a quienes se les indicará la necesaria observancia a las disposiciones normativas, una de las cuales se refiere al control de polvos (cubierta del material con lonas).

II. 3.3.2. Construcción

Descripción general de las obras civiles

Desarrollar el Proyecto Valle Tizayuca en una superficie de 11,437-80-95 has, mismo que contempla la construcción del Aeropuerto Metropolitano de México (aeropuerto, cargo city, parques industriales y de logística, centros comerciales, oficinas y hotel, en diferentes etapas). La primera etapa contempla el desarrollo de 1,876 has.

Para ello se construirá en una primera fase una pista de 4,876.5 m de longitud con un ancho de 60.96 m, calles de rodaje, dos plataformas, una general y otra de carga; edificio terminal; estacionamientos, camino de acceso, camino perimetral, obras servicio y las demás necesarias para su operación, incluida una planta de tratamiento de aguas residuales.

En caso de que se utilicen bancos de materiales, indicar su ubicación e informar si cuenta con autorización.

Para la realización de todos los trabajos, se utilizará el material extraído de los bancos El Jagüeycillo; La Ladera; Acozac; El Picacho y de aquellos ubicados en Pachuca y Mineral de la Reforma, Hgo; principalmente. Todos ellos cuentan con autorización en materia de impacto ambiental. No se tiene contemplada la apertura de nuevos bancos de material pétreo.

Descripción del procedimiento de construcción de cada una de las obras que constituyen el proyecto. Incluir figuras descriptivas del procedimiento.

El camino de acceso será aproximadamente de 3 km de longitud, con superficie de rodamiento de carpeta asfáltica y un ancho de corona de 9 metros

Para producir los materiales de pavimento

Base, sub base y material para carpeta de concreto hidráulico se requieren materiales triturados a 1 ½"

Materiales para carpeta asfáltica y sello se requieren materiales triturados a ¾"

Materiales finos de 0 a ¼ para carpetas asfálticas y de concreto hidráulico.

Asfaltadoras y plantas de trituración no será necesario instalar, ya que como se señaló anteriormente, existen dos plantas de carpeta asfáltica a escasos 10 minutos del polígono del proyecto; asimismo, en relación a las plantas trituradoras estas operan en los bancos de material pétreo de donde se adquiere el material, ya que la adquisición de los materiales será con la granulometría necesaria.

CUADROS RESUMEN

PISTAS Y CALLE DE ACCESO

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
Preliminares	ha	37.44
Excavaciones	m ³	411,840
Terraplenes	m ²	374,400
Sub base	m ²	374,400
Base	m ²	374,400
Pavimento asfáltico	ton	258,336
Ranurado	m ²	5,122

PLATAFORMAS

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
Preliminares	ha	45.05
Excavaciones	m ³	495,596
Terraplenes	m ²	450,542
Sub base	m ²	450,542
Base	m ²	450,542
Pavimento concreto	m ²	450,542

DEPÓSITOS DE CARGA, ALMACÉN Y OFICINA CARGO CITY

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
Preliminares	m ²	97,547
Cimentación	m ²	97,547
Estructura metálica	m ²	97,547
Cerramiento	m ²	97,547
Instalaciones	m ²	97,547

TALLERES DE MANTENIMIENTO Y HANGARES

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
Preliminares	m ²	64,944
Cimentación	m ²	64,944
Estructura metálica	m ²	56,322
Cerramiento	m ²	110,954
Instalaciones	m ²	64,944

OFICINAS Y TORRE DE CONTROL

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
Preliminares	m ²	9,290
Cimentación	m ²	9,290
Instalaciones	m ²	9,590

OBRAS DE DRENAJE

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
Preliminares	ha	79.26
Excavaciones	m ³	66,062
Alcantarillado	ML	17,323
Terraplenes	m ²	57,723

SURTIDORES Y TANQUE DE COMBUSTIBLE PARA AVIACIÓN

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
Preliminares	m ²	250
Albañilería	m ²	250
Tanques de acero	pza	9
Tuberías de acero	ML	6,300

OBRAS AUXILIARES

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
Preliminares	ha	14.61
Excavaciones	m ³	160,710
Terraplenes	m ²	146,100
Sub base	m ²	146,100
Base	m ²	146.100
Pavimento asfáltico	ton	33,603
Banqueta y guarniciones	ML	19,480
Alumbrado público	Pza	345
Cercado de malla	ML	15,000

ESTACIONAMIENTO

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
Preliminares	ha	5.85
Excavaciones	m ³	64,350
Terraplenes	m ²	58,500
Sub base	m ²	58,500
Base	m ²	58,500
Pavimento asfáltico	ton	20,182
Banqueta y guarnición	ML	1,380

II. 3.4. Operación y mantenimiento

II. 3.4.1. Programa de operación

Descripción detallada de las tecnologías que utilizarán, en especial las que tengan relación directa con la emisión y control de residuos líquidos, sólidos y gaseosos.

Para resolver el problema de contaminación ocasionado por las diversas descargas de aguas residuales, se implantarán distintos métodos de control de la contaminación; en los talleres de mantenimiento y restaurante, se instalarán trampas para retener el mayor volumen de grasas y aceites; las aguas sanitarias provenientes de los aviones, debido a que contienen un producto químico que inhibe a los microorganismos que llevan a cabo la descomposición de la materia orgánica, recibirán dentro del cárcamo un proceso de tratamiento consistente en la dilución con agua residual tratada, cribado para eliminar los residuos sólidos, aireación para iniciar el proceso de oxidación de la materia orgánica, la trituración de sólidos y el bombeo del agua hacia la planta de tratamiento de aguas residuales del aeropuerto. Las aguas residuales tratadas serán utilizadas para los servicios de riego de las áreas verdes de la zona.

Para el control de los residuos sólidos no peligrosos, se llevará a cabo un esquema de manejo integral con separación de origen, acopio de reciclables, teniendo las instalaciones específicas y el equipo necesario. Se contará con las instalaciones para el almacenamiento temporal de estos a fin de que su entrega se agilice y se de en forma ordenada. Los materiales que no pueden ser técnica y económicamente factibles de recuperar, serán enviados a confinamiento al vertedero localizado en el Municipio de Zapotlán, Hgo.

Los residuos peligrosos generados en las áreas de mantenimiento del Aeropuerto Metropolitano de México, se contratará a una empresa autorizada, y se concesionarán los trabajos, para su manejo y disposición final.

En el siguiente cuadro se muestran los productos de emisión normales de un motor de combustión y los efectos que produce. Como se podrá observar, los aviones con motor de reacción, en forma significativamente baja a la contaminación atmosférica.

Productos de emisión		Efectos en el medio ambiente
No contaminantes	Bióxido de carbono	Ligeras modificaciones

	Agua	
Contaminantes	<ul style="list-style-type: none"> • Óxidos de nitrógeno • Hidrocarburos sin quemar • Humos • Óxidos sulfurados • Monóxido de carbono • Residuos de aditivos 	<ul style="list-style-type: none"> • Neblina smog • Restricción de visibilidad • Acciones fotoquímicas • Acciones sobre la salud del hombre, la flora y la fauna • Toxicidad • Olores • Acciones destructivas sobre materiales

En cuanto a las acciones correctoras para minimizar los efectos al ambiente, se tiene la estricta normatividad que señalan la OACI y la FAA norteamericana a los fabricantes de motores de aviones y el mantenimiento de las compañías aéreas, estableciendo un programa escalonado para reducir los niveles de emisión, así como crear nuevos aeropuertos con capacidades que permitan la reducción de espera tanto de despegues como de aterrizajes.

II. 3.4.2. Programa de mantenimiento

Durante el mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales, se obtendrán diferentes tipos de residuos según la etapa o fase del proceso de tratamiento; destacan los lodos generados en ella, misma que previo a su disposición se deberá cumplir con la caracterización CRETIB. Asimismo se deberá dar mantenimiento a las bombas, tuberías y válvulas.

Las instalaciones para el almacenamiento temporal de los residuos sólidos municipales o no peligrosos, serán contenidos en celdas separadas, según características de cada uno de estos, el objetivo es dar un manejo adecuado y agilizar su entrega y en su caso la disposición final. El mantenimiento básico consiste en lavar y pintar la infraestructura.

Dentro del taller de mantenimiento y reparación de los vehículos, aeronaves, aditamentos para el arrastre de equipaje; áreas de enfermería, limpieza de las instalaciones en general se generaran residuos catalogados como peligrosos, los cuales deben ser almacenados en áreas específicas bajo la normativa. El área y los contenedores serán revisados periódicamente para confirmar su estado y en su caso hacer las reparaciones pertinentes. El manejo de los residuos peligrosos, serán concesionados a empresa autorizada.

II. 4. Requerimiento de personal e insumos

II.4.1 Personal

Los requerimientos de personal en el aeropuerto serán variables en cada una de las etapas.

Debido a las características del sitio seleccionado, existe la disponibilidad de personal para la etapa de preparación del sitio y construcción, pero para la operación del aeropuerto se requiere contratar personal técnico o profesional, por lo que cada empresa que preste sus servicios contará con sus programas de reclutamiento, selección y capacitación de personal correspondientes.

Cuadro II.4.1.1 Personal

ETAPA	TIPO DE MANO DE OBRA	TIPO DE EMPLEO			DISPONIBILIDAD REGIONAL
		PERMANENTE	TEMPORAL	EXTRAORDINARIO	
Preparación del sitio	<i>No calificada</i>		80		<i>Suficiente</i>
	<i>Calificada</i>		200		<i>Suficiente</i>
Construcción	<i>No calificada</i>		300		<i>Suficiente</i>
	<i>Calificada</i>		1200		<i>Suficiente</i>
Operación y mantenimiento	<i>No calificada</i>	50			<i>Suficiente</i>
	<i>Calificada</i>	150			<i>Suficiente</i>

Tabla II.4.1.2 Personal necesario para la operación del aeropuerto

Area	Cargo	No.	Turno	Total
C.R.E.I	Comandante de Bomberos	1	1	1
	Jefe de bomberos	1	1	1
	Bomberos	6	3	18
Seguridad y vigilancia	Jefe de seguridad	1	1	1
	Secretaria	1	1	1
	Auxiliares (policías)	9	3	27
Administración – Edificio Terminal	Administrador	1	1	1
	Secretaria	1	1	1
	Contador	1	1	1
	Secretaria	1	1	1
	Aux. de contabilidad	4	2	8
	Choferes	1	1	1
Area	Cargo	No.	Turno	Total
Area comercial de operaciones	Contador	1	1	1
	Secretaria	1	2	2
	Aux. de contabilidad	1	2	2
	Cajero	2	2	4
Mantenimiento y conservación	Jefe de departamento	1	1	1
	Secretaria	2	2	4

	Mecánico	1	2	2
	Electricista	1	2	2
	Plomero	1	2	2
	Afanadores	9	3	27
	Jardineros	4	1	4
Relaciones públicas	Jefe de departamento	1	1	1
	Secretaría	2	2	4
Servicio médico	Médico	2	2	4
	Paramédico	2	2	4
	Enfermera	2	2	4
Combustibles	Gerente	1	1	1
	Secretaria	1	2	2
	Auxiliares	4	2	8
TOTAL				141

En lo que se refiere a la dotación de servicios básicos, asistenciales y de salud, por encontrarse aproximadamente a 20 minutos de la Ciudad de Pachuca, no existirán problemas para disponer de ellos.

II.4.2 INSUMOS

II.4.2.1 Recursos naturales renovables

No se emplearán recursos naturales renovables en este proyecto.

II.4.2.1.1 Agua

Para el suministro del agua en la operación del aeropuerto se contará con un pozo de agua potable y cisternas, con sus respectivos sistemas de bombeo.

Tabla II.4.2.1.1.1 Consumo de agua

ETAPA	AGUA	CONSUMO ORDINARIO		CONSUMO EXCEPCIONAL O PERIÓDICO			
		VOLUMEN	ORIGEN	VOLUMEN	ORIGEN	PERIODO	DURACIÓN
Preparación del sitio	Cruda	24 m ³ /día					
	Tratada						
	Potable						
Construcción	Cruda	300,000 m ³					
	Tratada						
	Potable						
Operación	Cruda						
	Tratada						
	Potable	5,500 m ³ /año	Pozo				
Mantenimiento	Cruda						
	Tratada						
	Potable	500 m ³ /año	Pozo				
Abandono	Cruda						
	Tratada						
	Potable						

Es importante referir que las aguas residuales tratadas, serán utilizadas en el riego de áreas verdes, por lo que no se requerirá servicio externo.

II.4.2.2 Materiales y sustancias

II.4.2.2.1. Materiales

El material para realizar el relleno provendrá de los mismos predios donde se proyecta la obra. Para el uso de grava y piedra, se trabajará con los bancos Jagueycillo y La Ladera; y en el caso de arena y sello se obtendrá del banco de Acozac y El Picacho. Cabe destacar que los bancos se encuentran regularizados en materia ambiental.

Los materiales que se emplearán por cada etapa del proyecto se presentan a continuación:

Cuadro II.4.2.2.1.1 Materiales para realizar las terracerías, obras de drenaje, pavimentos y señalamientos

MATERIAL	ETAPA	FUENTE DE SUMINISTRO	FORMA DE MANEJO Y TRASLADO	CANTIDAD REQUERIDA
Tepetate	Preparación del sitio	Singuilucan	Camiones de volteo y cargadores frontales	950,000 m ³
Grava	Construcción	Bancos de material: Jagueycillo y La Ladera	Camiones	200,500 m ³
Piedra	Construcción	Bancos de material: Jagueycillo y La Ladera	Camiones	5,200 m ³
Concreto hidráulico	Construcción			3000 m ³
Acero	Construcción		Camiones	250,000 kg
Alcantarillas tubulares	Construcción		Camiones	850 m
Malla ciclónica	Construcción		Camiones	15,000 m
Alambre de púas	Construcción		Camiones	5,000 m
Coladeras para drenaje pluvial	Construcción		Camiones	18 m
Tubos de concreto	Construcción		Camiones	450 m
Cemento	Construcción		Camiones	45,000 ton
Concreto asfáltico	Construcción		Pipas	16,500 m ³
Concreto hidráulico para pavimentos	Construcción		Tolvas	84,400 m ³
Cemento asfáltico	Construcción		Tolvas	2'500,800 kg
Pintura para señalamientos	Construcción		Botes	150,000m ²
Señalamiento vertical	Construcción		Camiones	150 pzas.
Arena	Construcción	Bancos Acozac y El Picacho	Camiones	18,000 m ³
Tabique	Construcción	Poblados cercanos	Camiones	

II.4.2.3 Energía y combustibles

Energía eléctrica

Como se señaló anteriormente, en el predio en estudio no se tendrán plantas asfaltadoras o trituradoras; ya que en la zona se cuenta con dos plantas asfaltadoras y el material que se

adquiera en los bancos deberá cumplir con la granulometría necesaria, a fin de evitar la instalación de infraestructura de apoyo en la zona. Sin embargo, se tendrá una plantas de concreto hidráulico, misma que necesita una línea de 13.5 kv, aspecto que podrá ser cubierto, ya que en la zona se tiene la infraestructura para este servicio, particularmente en el pozo 14, sitio donde se localiza el posteo, pues es necesaria para la operación de la bomba.

Se contará además con una subestación general que contiene la acometida de energía, plantas de emergencia y transformadores.

Combustibles

Se cuenta con un área destinada para el almacenamiento del combustible empleado por las aeronaves (turbosina y gasavión), mismos que estarán contenidos en cinco tanques de acero de 300 m³ y cuatro tanques de 80 m³, respectivamente.

En esta área se tienen además los sistemas complementarios contra incendios, de bombeo y generalmente las oficinas de control. Esta zona deberá contar con los espacios suficientes para los vehículos surtidores. Se cuenta además con una red de distribución de combustibles a través de un hidrante, a fin de facilitar el suministro de combustible a los aviones hasta las plataformas.

II.4.2. 4 Maquinaria y Equipo

Cuadro II.4.2.4.1 Equipo y maquinaria utilizados durante cada una de las etapas del proyecto

Equipo	Etapas	Cantidad	Tiempo empleado en la obra	Horas de trabajo diario	Tipo de combustible
Compactadores	Preparación del sitio	15	12 meses	16 horas	
Motoconformadores	Preparación del sitio	15	12 meses	16 horas	
Tractor tipo D8	Preparación del sitio	10	12 meses	16 horas	Diesel
Cargador frontal	Preparación del sitio y construcción	15	12 meses	16 horas	Diesel
Retroexcavadora	Preparación del sitio y construcción	6	12 meses	16 horas	Diesel
Grúas	Preparación del sitio y construcción	2	12 meses	16 horas	Diesel
Camión de volteo	Preparación del sitio y	100	12 meses	16 horas	Diesel

	construcción				
Pipa	Preparación del sitio y construcción	25	12 meses	16 horas	Diesel
Equipo	Etapas	Cantidad	Tiempo empleado en la obra	Horas de trabajo diario	Tipo de combustible
Equipo de Track Drill	Preparación del sitio y construcción	3	12 meses	16 horas	
Entendedora de concreto	Construcción	1	7 meses	16 horas	
Finisher	Construcción	1	6 meses	16 horas	
Manual (palas, picos, carretillas; barretas, otros)	Construcción	variable	12 meses	16 horas	

II.5 GENERACIÓN, MANEJO Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS, DESCARGAS Y CONTROL DE EMISIONES (APÉNDICE Y OPCIÓN C)

1. Generación, manejo y disposición final de residuos sólidos

1.1 Generación de residuos sólidos

Durante la etapa de preparación del sitio y construcción, se generarán residuos derivados de las actividades de despalme y excavación (materia orgánica y tierra) y residuos de construcción (cascajo), estos se concentran en un sitio para su envío posterior a bancos de materiales pétreos que han concluido su vida útil o bien que están sin operación, previo consenso con las autoridades municipales, ejidales o propietarios, según sea el caso. Cabe destacar que el material de cascajo es la primer "capa" de material de que se rellena el banco, posteriormente es cubierto con la tierra vegetal, a fin de habilitar nuevamente el terreno y desarrollar en él actividades productivas. Una fracción importante de la tierra vegetal, será destinada al saneamiento y clausura de vertederos municipales. Se estudia la posibilidad de transferir parte de la tierra vegetal a áreas específicas, caracterizadas por el grado de erosión o bien por que el tipo de material existente no permite el desarrollo de flora (ejemplo: material jal).

También se generarán residuos sólidos no peligrosos, como: restos de comidas, papel, plástico, cartón, fierro, acero, los cuales serán almacenados en contenedores de tambos de 200 litros de capacidad y enviados al vertedero del Municipio de Zapotlán de Juárez para su disposición final (Ejido de San Pedro, camino a la Visnaga).

En relación a los residuos peligrosos generados, estos serán entregados a una empresa autorizada por esa Secretaría para su manejo y disposición final.

Durante la etapa de operación, los residuos sólidos que se generen serán separados de origen, recolectados y depositados por tipo de material en contenedores especiales, a fin de dar observancia a la legislación y hacer más ágil su manejo y entrega. Es importa señalar que este servicio podrá ser concesionado.

Cuadro 5 Generación de residuos sólidos peligrosos

Operación

Nombre del residuo	Componentes del residuo	Proceso o etapa en el que se genera*	Volumen en que se genera	Características CRETIB	Tipo de empaque	Sitio de almacenamiento temporal	Características del sistema de transporte al sitio de disposición
De curación	Residuos infecciosos como: materiales de curación, envases y empaques de medicamentos	Enfermería	N/D	Biológico-infeccioso	Cartón	Botes especiales de color rojo	Vehículo autorizado para recolección y transporte de residuos sólidos peligrosos
Material de desecho	Lámparas fluorescentes, material eléctrico	Mantenimiento	N/D	Corrosividad Reactividad Toxicidad al ambiente Inflamabilidad		Contenedores perfectamente identificados para cada uno de los materiales que se generen	Vehículo autorizado para recolección y transporte de residuos sólidos peligrosos
Material de limpieza	Envases de artículos de limpieza, mops impregnados con aceite.	Mantenimiento	N/D	Toxicidad al ambiente	Ninguno	Contenedores especiales para materiales reciclables	Vehículo autorizado para recolección y transporte de residuos sólidos peligrosos
Envases vacíos	Cartón, envases de plástico, piezas de recambio de equipo, neumáticos, tambores vacíos de aceites lubricantes, cubetas vacías de grasas y aceites	Taller de mantenimiento	N/D	Corrosividad Reactividad Toxicidad al ambiente Inflamabilidad	Ninguno	Contenedores perfectamente identificados para cada uno de los materiales que se generen	Vehículo autorizado para recolección y transporte de residuos sólidos peligrosos

Nombre del residuo	Componentes del residuo	Proceso o etapa en el que se genera *	Volumen en que se genera	Características CRETIB	Tipo de empaque	Sitio de almacenamiento temporal	Características del sistema de transporte al sitio de disposición
Repuestos usados	Filtros	Taller de mantenimiento	120 pzas./4 meses	Corrosividad Reactividad Toxicidad al ambiente Inflamabilidad	Ninguno	Contenedores perfectamente identificados	Vehículo autorizado para recolección y transporte hacia centros para recuperación de componentes
Baterías	Baterías de plomo	Taller de mantenimiento	9 pzas./año	Corrosividad Reactividad Toxicidad al ambiente Inflamabilidad	Ninguno	Contenedores perfectamente identificados	Vehículo autorizado para recolección y transporte hacia centros para recarga
Material de limpieza	Estopas y trapos impregnados con aceite	Taller de mantenimiento	35 Kg/mes	Residuo contaminante	Ninguno	Contenedores perfectamente identificados para cada uno de los materiales que se generen	Vehículo autorizado para recolección y transporte hacia tratamiento o utilización en hornos cementeros
Aceite Gastado	Aceite	Taller de mantenimiento	410 lt/mes	Residuo contaminante	Tambos	Contenedores perfectamente identificados	Vehículo autorizado para recolección y transporte hacia tratamiento o utilización en hornos cementeros



Nombre del residuo	Componentes del residuo	Proceso o etapa en el que se genera *	Volumen en que se genera	Características CRETIB	Tipo de empaque	Sitio de almacenamiento temporal	Características del sistema de transporte al sitio de disposición
Lodos	Sólidos con contenido variable de humedad	Drenajes y planta de tratamiento	5m ³ /año	No aplica	Contenedor	Contenedor	Camión de volteo con lona para llevarlo al relleno sanitario

*Extracción, beneficio u otros procesos industriales (especifique)

Construcción

Nombre del residuo	Componentes del residuo	Proceso o etapa en el que se genera	Sitio de almacenamiento temporal	Características del sistema de transporte al sitio de disposición final
Despalme	Material vegetal, rocas, tierra, cartuchos de dinamita.	Preparación del sitio	Almacén temporal dentro del área de construcción	Camión de volteo con lona que lo lleven a bancos de tiro autorizados
Construcción	Residuos de mezclas asfálticas e hidráulicas.	Construcción de pistas	Almacén temporal dentro del área de construcción	Camión de volteo con lona que lo lleven a bancos de tiro autorizados
	Residuos de mezclas asfálticas e hidráulicas.	Calles de rodaje	Almacén temporal dentro del área de construcción	Camión de volteo con lona que lo lleven a bancos de tiro autorizados
	Residuos de mezclas asfálticas e hidráulicas.	Plataformas	Almacén temporal dentro del área de construcción	Camión de volteo con lona que lo lleven a bancos de tiro autorizados
	Residuos de mezclas asfálticas e hidráulicas.	Estacionamientos	Almacén temporal dentro del área de construcción	Camión de volteo con lona que lo lleven a bancos de tiro autorizados
	Metales, madera, cartón.	Obra negra	Almacén temporal dentro del área de construcción	Camioneta de arrastre para contenedores
Cascajo	Residuos de mezclas, padecería de varillas, envases, cables.	Áreas de servicios	Almacén temporal dentro del área de construcción	Camión de volteo con lona que lo lleven a bancos de tiro autorizados
Acabados	Envases de pinturas y solventes.	Pintado de estructuras	Contenedor especial	Vehículo especializado para el transporte de residuos peligrosos

Nombre del residuo	Componentes del residuo	Proceso o etapa en el que se genera	Sitio de almacenamiento temporal	Características del sistema de transporte al sitio de disposición final
Basura	Materia orgánica y papel, cartón, plástico, hojalata, vidrio.	Jornada diaria	Contenedores específicos para materiales reciclables y botes con tapa para materiales composteables	Vehículo autorizado para recolección y transporte, así como con registro para el uso del relleno sanitario.

Operación

Nombre del residuo	Componentes del residuo	Proceso o etapa en el que se genera	Sitio de almacenamiento temporal	Características del sistema de transporte al sitio de disposición final
Residuos sanitarios	Papel sanitario, toallas sanitarias, pañales desechables.	Sanitarios	Botes con tapa	Vehículo autorizado para recolección y transporte, así como con registro para el uso del relleno sanitario.
Basura	Papelería	Atención al público	Contenedores específicos para materiales reciclables	Camioneta de arrastre para contenedores.
Basura	Materia orgánica y papel, cartón, plástico, hojalata, vidrio.	Área de comida	Contenedores específicos para materiales reciclables y botes con tapa para materiales composteables	Camioneta de arrastre para contenedores que lo lleven a empresas recicladoras.
Basura	Envolturas, colillas de cigarro, latas de aluminio, botellas de vidrio.	Salas de espera y pasillos de circulación	Contenedores con tapa	Camioneta de arrastre para contenedores que lo lleven a empresas recicladoras.
Empaques	Cartón, plástico, unicele	Tiendas	Contenedores específicos para materiales reciclables y otros residuos.	Camioneta de arrastre para contenedores que lo lleven a empresas recicladoras.
Basura	Papel, plástico, tierra	Estacionamiento	Contenedores con tapa	Camioneta de arrastre para

				contenedores que lo lleven a empresas recicladoras
Basura	Papel, plástico, metales	Oficinas	Botes específicos para materiales reciclables	Camioneta de arrastre para contenedores que lo lleven a empresas recicladoras
Basura	Aluminio, plástico, vidrio, papel	Atención a bordo	Botes específicos para materiales reciclables	Camioneta de arrastre para contenedores que lo lleven a empresas recicladoras

Nombre del residuo	Componentes del residuo	Proceso o etapa en el que se genera	Sitio de almacenamiento temporal	Características del sistema de transporte al sitio de disposición final
Basura	Madera, película plástica, cartón.	Equipaje	contenedores específicos para materiales reciclables	Camioneta de arrastre para contenedores que lo lleven a empresas recicladoras
Podas	Ramas, pasto, hojas	Cuidado de áreas verdes	Área especial para materiales composteables	Interno. Área diseñada y equipada para



1.2. Manejo de residuos sólidos peligrosos y no peligrosos.

Acopio

Se contará con instalaciones adecuadas para el acopio de los materiales reciclables, área que deberá contar con las leyendas alusivas y tener los contenedores o celdas, para depositar: papel, cartón, vidrio, envases, plástico; aluminio, fierro; otros, según tipo y cantidad generados. La clasificación será desde el origen.

Los tambos que contengan pinturas, aceites, grasas u otros químicos, serán entregados una vez agotado su contenido a las empresas proveedoras.

Almacenamiento temporal

El almacenamiento temporal será en un área con acceso directo y controlado a los vehículos de recolección y con espacio suficiente para las maniobras de carga. Los contenedores o celdas deberán estar bien identificados y ubicados en áreas separadas: residuos peligrosos y no peligrosos, buscando en todo momento la compatibilidad o minimización de riesgos por posibles incendios. Dicha infraestructura contará con techo y estará ubicada fuera de zonas de inundación.

El periodo de almacenamiento temporal dependerá del tipo y cantidad de residuo. En estos sitios no se almacenarán los biológico infecciosos, ya que el área de enfermería deberá contar con una zona ex profeso y observando la normativa en relación a la coloración de bolsas y contenidos.

El retiro de los residuos como restos de comidas y papel generado en los sanitarios, será retirado de manera permanente.

Recolección

El personal responsable de esta actividad deberá inicialmente ser sensibilizado sobre la importancia de clasificar los residuos desde el origen, a fin de facilitar la tarea de recolección y particularmente hacer funcional el manejo interno y externo: El servicio se dará bajo un programa de horarios y rutas, lo que permita una cobertura total, amplia y satisfactoria. El área de sanitarios será permanentemente atendida, asimismo los depósitos de basura serán lavados y mantenidos limpios.

Los residuos peligrosos se manejarán en contenedores apropiados que serán retirados a través de transportistas autorizados por la SEMARNAT, para enviarlos a los sitios o instalaciones de confinamiento o tratamiento debidamente autorizados.

Transporte.

Para el transporte de los residuos sólidos no peligrosos fuera de las instalaciones, se deben emplear vehículos autorizados para recolección y transporte, y que cuenten con el registro para



la captación, manejo, traslado y disposición final. En el caso de los residuos sólidos peligrosos se deberá cumplir con la normatividad aplicable, para lo cual se observará la NOM-052-ECOL-1993 que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente, y apegándose a lo que establece el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de residuos peligrosos.

Para el manejo de los residuos peligrosos que se generen, se deberán cumplir con las siguientes normas oficiales:

NOM-028-SCT2/1998 que menciona las disposiciones especiales para los materiales y residuos peligrosos de la clase 3 líquidos inflamables transportados.

NOM-003-SCT2-1994 que menciona las condiciones para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos.

NOM-007-SCT2-1994 que menciona como debe ser el marcado de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos.

NOM-009-SCT2-1994 que explica la compatibilidad para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1 explosivos.

NOM-010-SCT2-1994, que enuncia las disposiciones de compatibilidad y segregación, para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

NOM-011-SCT2-1994 que explica las condiciones para el transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos en cantidades limitadas.

NOM-043-SCT2-1994 que contiene el documento de embarque de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

NOM-003-SCT-2000, dice cuáles han de ser las características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

NOM-005-SCT-2000, que contiene la información de emergencia para el transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

NOM-006-SCT2-2000, describe los aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al autotransporte de materiales y residuos peligrosos.

Para el manejo de los residuos generados en las salas de enfermería se deberá considerar la NOM-087-ECOL-1995, que establece los requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos biológico-infecciosos que se generan en establecimientos que presten atención médica.

1.3. Disposición final de residuos peligrosos y no peligrosos

Confinamiento de residuos no peligrosos.- Vertedero controlado del municipio de Zapotlán de Juárez, Hgo.

Confinamiento para residuos peligrosos.- Residuos Industriales Multiquim, S.A., ubicado en Carretera Monterrey Monclova Km 86, Ejido San Bernabé, Mina, Nuevo León, que cumple con la NOM-055-ECOL-1993, que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al



confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto de los radioactivos. Y con la NOM-058-ECOL-1993, que establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.

1.3.1. Sitios de tiro

Los residuos generados por las actividades de despalme serán utilizados para la restauración y rehabilitación de bancos de material pétreo fuera de operación o bien que su vida útil ha concluido y no han sido restaurados; una parte importante será para las áreas verdes del Aeropuerto Metropolitano de México, y otra parte para realizar acciones de saneamiento y clausura de vertederos municipales, ejemplo de ello el localizado en Tizayuca, Hgo.

Como lo establece el Artículo 96 de la Ley para la Protección al Ambiente en el Estado de Hidalgo, se prohíbe esparcir sobre el suelo cualquier sustancia contaminante, por lo que estos residuos deberán ser depositados en forma ordenada y recubiertos con tierra fértil para promover la revegetación. Cabe destacar que únicamente serán dispuestos en el vertedero aquellos residuos que no sea factible técnica o económicamente de recuperar.

2. Generación, manejo y descarga de residuos líquidos

2.1 Generación

2.1.1 Residuos líquidos peligrosos y no peligrosos

Las aguas que se generan son la de sanitarios portátiles, para lo cual se contratará a una empresa especializada que preste el servicio para su retiro y tratamiento oportuno. Una vez concluida la obra y puesta en operación, las aguas residuales generadas serán enviadas a la planta de tratamiento para su manejo y posterior reuso en el riego de las áreas. En este proceso se incluyen las aguas azules o sentinas.

Cuadro 2.1.1. Residuos líquidos

Nombre del residuo	Característica CRETIB	Volumen Generado m ³ /año	Origen	Características del sistema de colección	Sitio de disposición final previo tratamiento
Aguas sanitarias	No aplica	4,500	Sanitarios	Drenaje	Riego de áreas verdes
Aguas azules o sentinas	No aplica	N/D	Aviones	Camión cisterna	Riego de áreas verdes
Agua sanitaria de talleres	No aplica	880	Talleres	Drenaje	Riego de áreas verdes
Agua de limpieza	No aplica	760	Limpieza	Drenaje	Riego de áreas verdes

2.1.2. Agua residual**Cuadro 2.1.2. Agua residual****Construcción**

Etapas del proyecto	Número o identificación de la descarga	Origen	Volumen diario descargado m³/día	Sitio de descarga
Preparación del sitio	No. de baños por plantilla de personal	Sanitarios portátiles	N/D	Sistema de tratamiento
Construcción	No. de baños por plantilla de personal	Sanitarios portátiles	N/D	Sistema de tratamiento

Operación

Etapas del proyecto	Número o identificación de la descarga	Origen	Volumen diario descargado m³/día	Sitio de descarga
Sanitarios	Una descarga	Sanitarios	10	Sistema de tratamiento de la terminal
Talleres	Una descarga	Sanitarios y limpieza	2	Sistema de tratamiento de la terminal
Aviones	contenedores	Sanitarios	N/D	Sistema de tratamiento de la terminal
Limpieza	Una descarga	Sanitarios	2.5	Sistema de tratamiento de la terminal

2.1.3. Lodos**Origen de los lodos.**

Los lodos residuales se generarán en el sistema de tratamiento de aguas residuales, infraestructura sanitaria que se considera dentro del proyecto Aeropuerto Metropolitano de México.

Composición esperada

Dado que el sistema de tratamiento de aguas residuales tratará solamente aguas provenientes de las aguas de sentinas, áreas de lavado, sanitarios de talleres de mantenimiento, terminal y



comedor, y de acuerdo a un análisis CRETIB de los lodos, se espera que dichos lodos sean **residuos no peligrosos**.

Características CRETIB esperadas

Se espera que las características de los lodos generados no excedan los parámetros que establece la NOM-052-ECOL-1993, toda vez que dichas aguas provienen de usos domésticos o urbanos (sanitarias y de servicios).

Volumen generado al año

Se estima generar 6,752.5 m³.

Sitio de almacenamiento temporal y disposición final

Los lodos residuales ya tratados y deshidratados, se almacenaran en contenedores para posteriormente ser depositados en el vertedero municipal de Zapotlán de Juárez, Hgo.

2.2. Manejo

Tipo de tratamiento que recibirá el agua

El tratamiento que recibirá las aguas residuales serán de tipo secundario, lo que permita cumplir con la NOM-003.SEMARNAT-97, a fin de ser utilizada en el riego de las áreas verdes.

Características esperadas del agua residual por proceso

FUENTE	CARACTERÍSTICAS
Sanitarios	Alto contenido de materia orgánica, detergentes, coliformes fecales.
Sanitarios Talleres	Grasas y aceites, detergentes, materia orgánica
Aguas azules	Alto contenido de materia orgánica, detergentes
Limpieza	Detergentes, sólidos.

Descripción de la planta de tratamiento de agua.

Se proyecta instalar un sistema de tratamiento de lodos activados.

El proceso consiste esencialmente en un tanque de aireación, un sedimentador secundario y una línea de recirculación de lodos del fondo del sedimentador al tanque de aireación.



El agua a tratar, penetra al sistema continuamente por el tanque de aireación en donde se encuentra un líquido con una población concentrada de microorganismos heterótrofos aerobios, responsables de la transformación del material orgánico, completamente agitados.

Este licor mezclado pasa después al sedimentador secundario en donde el líquido clarificado se separa de los flóculos microbianos por gravedad. El líquido obtenido, resultado del tratamiento es incoloro e inodoro.

El sedimento depositado en el fondo del tanque es recirculado hacia el tanque de aireación combinándose con el influente alimentado, manteniendo, de esta manera, un licor con cierto nivel de concentración permanente concentrado.

En determinados períodos, una cierta cantidad de lodos son purgados del sistema, correspondientemente a la cantidad de microorganismos producidos durante ese intervalo de tiempo.

Residuos que serán producidos durante el proceso

Basura, arenas y lodos.

Tratamiento y disposición final de los residuos generados (lodos)

Los lodos serán dispuestos en el vertedero municipal de Zapotlán de Juárez, Hgo., previa caracterización CRETIB. Antes de confinarlos serán neutralizados con cal.

Calidad esperada del agua después del tratamiento

El agua residual tratada deberá cumplir con lo que establece la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997, toda vez que será utilizada para el riego de las áreas verdes.

Destino final del efluente

El agua residual tratada se reusará en riego de áreas verdes y para practicas de incendios.

Alternativas de reuso

Riego de áreas verdes y prácticas de incendios.

2.3. Disposición final (incluye aguas de origen pluvial).

Las aguas residuales tratadas, se almacenarán en un cárcamo de bombeo para el riego de áreas verdes, para lo que se requerirá gestionar ante la Comisión Nacional del Agua a fin de que emita su licenciamiento, los excedentes se almacenaran en cisternas para prácticas contra incendios.

Las aguas de lluvia se captarán a través de la red pluvial del aeropuerto y se descargarán a un cárcamo para su uso en servicios, previo pretratamiento (retiro de arenas, basura).

3. Generación, manejo y control de emisiones a la atmósfera

De combustión

La contaminación atmosférica procedente de los aviones en zonas alejadas de los aeropuertos es de carácter casi imperceptible, dadas las características de las emisiones de los aviones que vuelan a alturas de crucero y el proceso de difusión en los grandes espacios, no así en los aeropuertos y sus áreas de influencia.

Las condiciones climatológicas del aeropuerto determinan el grado de contaminación en las proximidades. Cuando existen condiciones turbulentas en las capas inferiores de la atmósfera no es probable que las emisiones afecten perceptiblemente a la población. En cambio, cuando prevalecen condiciones atmosféricas estables durante largos periodos, las acumulaciones de agentes contaminantes pueden en ocasiones afectar al bienestar de los vecinos.

Destino final del efluente

El agua residual tratada se reusará en riego de áreas verdes y para prácticas de incendios.

Alternativas de reuso

Riego de áreas verdes

2.3. Disposición final (Incluye aguas de origen pluvial)

Las aguas residuales tratadas, se almacenarán en un cárcamo de bombeo para riego de áreas verdes, para lo que se requerirá tramitar un permiso de descarga ante la Comisión Nacional del Agua, los excedentes se almacenarán en cisternas para prácticas contra incendios.

Las aguas de lluvia se captarán a través de la red pluvial del aeropuerto y se descargan en un dren pluvial que se ubica al poniente del sitio.

3. Generación, manejo y control de emisiones a la atmósfera.

De combustión

La contaminación atmosférica procedente de los aviones en zonas alejadas de los aeropuertos es de carácter casi imprescindible, dadas las características de las emisiones de los aviones que vuelan a alturas de crucero y el proceso de difusión en los grandes espacios. Sin embargo en los aeropuertos y sus cercanías, este asunto reviste condiciones que merecen especial atención.

Las condiciones climatológicas del aeropuerto determinan el grado de contaminación en las proximidades. Cuando existen condiciones turbulentas en las capas inferiores de la atmósfera no es probable que las emisiones afecten perceptiblemente a la población. En cambio, cuando prevalecen condiciones atmosféricas estables durante largos periodos, las acumulaciones de



agentes contaminantes pueden en ocasiones afectar al bienestar de los vecinos a sotavento del aeropuerto.

Para tener un orden de ideas respecto al alcance de la contaminación, se muestran los kilogramos de contaminante de los aviones comerciales actualmente más usuales en cada ciclo de operación.

Avión		Marcha lenta salida (15m)	Despegue (0,7m)	Subida (2,2m)	Aproximación (4m)	Marcha lenta llegada (7m)	Total parcial (28,9m)	Total global
BO-747	CO	89	0,36	13,4	39,3	41,5	183,6	219,64
	HC	17,1	0,02	2,48	7,5	0,042	27,1	
	NOx	1,15	1,43	3,28	0,9	0,537	7,3	
	Humos	0,5	0,18	0,46	0,27	0,23	1,64	
DC-10	CO	79,26	0,32	11,93	35	37	163,47	195,46
	HC	15,23	0,017	2,20	6,68	0,037	24,16	
	NOx	1,02	1,27	2,92	0,8	0,478	6,48	
	Humos	0,445	0,16	0,41	0,24	0,20	1,46	
BO-727	CO	32,5	0,13	4,9	14,36	15,17	67	80,1
	HC	6,26	0,0073	0,9	2,74	0,015	9,92	
	NOx	0,42	0,52	1,2	0,33	0,2	2,66	
	Humos	0,18	0,065	0,168	0,098	0,084	0,6	
DC-9	CO	21,7	0,08	3,27	9,6	10,13	44,78	53,57
	HC	4,17	0,0048	0,6	1,83	0,010	6,61	
	NOx	0,28	0,35	0,8	0,22	0,13	1,78	
	Humos	0,122	0,044	0,112	0,066	0,036	0,4	

Los aviones supersónicos y, en especial, los grandes aviones de transporte de este tipo se espera vuelen en un futuro inmediato, vuelan a alturas de crucero normales entre 60,000 y 70,000 pies (20,000 a 23,000 metros), es decir, el doble de los reactores subsónicos. A estas alturas la atmósfera se halla por encima de la tropopausa, limite inferior de la atmósfera en la que los gases que la conforman- aun siendo prácticamente los mismos que la baja atmósfera- tienen una densidad mucho menor.

La altura de la tropopausa varía con la latitud (de 25,000 pies en los polos a 50,000 en el ecuador). Para simplificar, la OACI admite un valor medio de 36,000 pies con una presión atmosférica del 22% de la existente a nivel del mar.

El efecto de los productos de la combustión es muy diferente en la estratosfera, debido a que aparecen reacciones químicas activadas por la energía de radiación solar y por que las partículas en suspensión tardan mucho tiempo en desaparecer.

La investigación se concentra actualmente en los temas que se comentan a continuación:

- a) **Formación de estelas permanentes de condensación de vapor de agua.** La probabilidad de que esto ocurra es mucho menor que en el caso de las alturas a las que vuelan los aviones subsónicos. Debido a que la humedad es mucho menor, la posibilidad de que se formen estelas en zonas entre -65°C y -80°C es muy remota.
- b) **Posibilidad de que el vapor de agua se acumule en forma de cristales de hielo.** Probabilidad muy escasa, pues las temperaturas el 95% de las veces son superiores a las que corresponderá la formación inicial de nube, para las cantidades normales de vapor de agua.
- c) **Posibilidad de que el vapor de agua pueda afectar a la radiación solar recibida por la tierra.** El vapor de agua es un gran absorbente de los rayos infrarrojos, pero el efecto, en caso de producirse, es insignificante. Una tormenta, con toda la masa de cumulonimbus que conlleva, tiene un efecto muy superior y no por eso afecta el equilibrio de la radiación solar.
- d) **Probabilidad de que la ruptura de la capa de ozono (O₃) en la alta atmósfera haga su absorción de rayos ultravioletas, alcanzando estos en tierra un nivel elevado.** El ozono en la alta atmósfera se forma y se destruye fotoquímicamente por diversas longitudes de onda de la de la radiación solar. Sobre la banda de rayos ultravioletas en la banda del espectro comprendida entre 2.150 y 3.200 Angstroms. Aun cuando la máxima cantidad de ozono depende de la altura, latitud, estación del año y otras variables, si máximo se alcanza 20,000 pies por encima de los niveles habituales de vuelo supersónico. Obstante, en aviación se estudia cuidadosamente porque, además del efecto ya señalado, es tóxico y deteriora las propiedades del caucho. Se han hecho estudios con modelos matemáticos y se calcula que una flota de 500 aviones supersónicos podría hacer aumentar la temperatura de la superficie terrestre en $0,1^{\circ}\text{C}$ durante el día, aumento que desaparecería en la noche por diversas causas.
- e) **Posibilidad de que partículas procedentes de los aditivos, queden en suspensión y afectan a la radiación solar.** Aun cuando las impurezas pueden considerarse despreciables frente a los residuos que, por ejemplo, dejan las erupciones volcánicas, podrían formarse sulfatos, como en el caso de estas últimas.

Emisión de contaminantes por los vehículos de servicio en tierra.

Los vehículos de servicio en tierra son las unidades motorizadas que operan en la plataforma para la carga, descarga y preparación de las aeronaves para su próxima partida. El número de vehículos utilizados y los tiempos de servicio por tipo de avión, se registran en tablas específicas utilizadas para la determinación del cálculo.

El cálculo de las emisiones de los vehículos de tierra pueden realizarse utilizando sus tiempos de servicio para cada tipo de vehículo. Posteriormente puede obtenerse la cantidad total de combustible usado por los todos los vehículos en cada hora, multiplicando las tasas de consumo de combustible de cada vehículo por la duración de la operación registrada en la tabla específica. Por último, se aplican los factores de emisión, para calcular la emisión horaria de poluyentes por los vehículos de servicio en tierra.

Las tablas mencionadas se pueden encontrar en la publicación "Air Pollution Impact Methodology for Airport" de la EPA (USA).

Emisión del tráfico de acceso a un aeropuerto.

En el análisis ambiental de un aeropuerto, es importante verificar la contribución de la emisión de contaminantes del tráfico de acceso. La concentración de gran número de vehículos contribuye a una baja calidad del aire, muchas veces por encima de los patrones recomendados.

Tratándose de áreas próximas al aeropuerto, los aspectos básicos que aporta son el número de movimientos de aeronaves y la composición del tráfico de superficie.

Otros equipos, como los de las grandes industrias en las proximidades, pueden contaminar más que el propio aeropuerto y originar un tráfico de superficie que asociado al acceso, genera un efecto no deseable. Es importante por ello, analizar la contribución del tráfico generado por el aeropuerto en el cómputo general

El tráfico de acceso, es generalmente la mayor fuente de emisiones contaminantes en un aeropuerto, superando las emisiones de las aeronaves. Sin embargo este hecho depende del tamaño del aeropuerto, de su localización y de la composición y volumen del tráfico a su alrededor.

Los aeropuertos son esencialmente estaciones de transferencia, donde las personas pueden cambiar de transporte aéreo a terrestre y viceversa. Este papel de punto de transferencia modal, es fundamental en un aeropuerto, por lo que la planificación de las instalaciones adecuadas para el acceso es tan importante como la planificación de instalaciones para aeronaves.

Para determinar la emisión de contaminantes en el aire por el tráfico terrestre que fluye hacia y desde el aeropuerto, son necesarias las siguientes informaciones:

- Número de trayectos por vehículo
- Composición cualitativa de los vehículos
- Distancia recorrida por vehículo
- Características operacionales de los vehículos.

En el primer parámetro corresponde al número total de viajes de cada vehículo. La distribución de los viajes entre los distintos tipos de vehículos (automóviles, taxis, omnibuses, trenes, etc.), es un determinante muy importante, pues las emisiones varían enormemente de acuerdo al tipo de vehículo.

Es necesario conocer la distancia recorrida por cada vehículo, ya que los factores de emisión de contaminantes del aire vienen dados en forma de emisiones por vehículo y por milla recorrida, el modo en que los vehículos son esperados en el aeropuerto, velocidad, partida sin previo calentamiento del motor o con el motor ya calentado, afecta sustancialmente la tasa de emisión. La función que determina el nivel de actividad del tráfico de acceso viene dada por el número de pasajeros que utilizan el aeropuerto. Debido a las marcadas diferencias de los patrones de los viajes terrestres, las personas que se aproximan al aeropuerto son divididas en tres grupos: pasajeros, visitantes y empleados del aeropuerto.



El grupo de empleados del aeropuerto incluye: personal de las líneas aéreas, personal de la administración técnica y operativa del aeropuerto, personal que recibe y entrega la carga, concesionarios y personal indirecto de soporte (fuerza aérea, salud pública, etc.).

Una vez que se establezca el modelo que caracteriza la ida y venida de personas al aeropuerto, el paso siguiente será determinar detalladamente el tipo de transporte terrestre que usan para cada caso.

Otras fuentes de emisión de contaminantes.

- **Prueba de motores**

La polución del aire por este tipo de operación tiene importancia en los aeropuertos que presentan un gran número de vuelos de origen y destino, donde además existe una infraestructura de mantenimiento.

Según las observaciones de pruebas de motores realizadas, se determinó que el tiempo medio de una prueba de motores es de 25 minutos. Dentro de este tiempo, el motor es accionado en marcha lenta alrededor de 75% y en potencias más elevadas el 25% restante, realizándose a veces a potencia máxima.

- **Incineración de la basura (origen y producción)**

La basura generada en el aeropuerto obedece a dos factores principales:

- Aumento de la población del aeropuerto.
- Al número de pasajeros que embarcan y desembarcan.

El incremento de estos factores trae como consecuencias una mayor producción de basura en un aeropuerto. Considerando la tendencia futura de estos dos factores básicos y su implantación de la producción y origen de la basura, se plantea el concepto de la inagotabilidad de su origen y producción.

Asimismo, se concluye que los problemas generados por la basura en el medio ambiente son de carácter irreversible, si no se toman las medidas necesarias para evitarlos. Los aspectos epidemiológicos relacionados con los residuos de los aviones, muchas veces pueden comprometer el medio ambiente presentándose como un riesgo para la vida del hombre. Los flujos de contaminación y los riesgos por un mal tratamiento de las basuras son numerosos y están vinculados a procesos naturales que muchas veces quedan fuera del control del hombre.

Calefacción.

Dependiendo de las condiciones climatológicas locales y del tamaño y tipo de los edificios del aeropuerto, los equipos de calefacción tendrán la importancia y tamaños necesarios.

La operación de estas plantas o centrales de calefacción produce cierta cantidad de contaminantes del aire en función del tipo de combustible utilizado además de factores como el tamaño del edificio, aislamiento térmico y otros. Estos contaminantes del aire son dependientes de variados factores en la emisión de la planta de calefacción del aeropuerto.

Los principales contaminantes son: monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NO), partículas y óxidos de azufre (SO). Estos poluyentes se producirán en mayor o menor escala si se utiliza carbón o petróleo, habiendo grandes diferencias si se emplea diesel u otras calidades de petróleo más pesadas. Como se trata una relación costo beneficio, hay que tener en cuenta los resultados prácticos, toda vez que el calentamiento eléctrico es una fuente limpia pero de costo más elevado. Además, para la producción de energía eléctrica, sea por medio de recursos hidráulicos, por energía nuclear o por cualquier otra fuente térmica, se causaran profundos daños al medio ambiente. Consecuentemente, una planificación cuidadosa y un uso racional de la planta de calefacción son factores fundamentales para mitigar la agresión.

Sistema de almacenamiento y manipulación del combustible.

La operación de un aeropuerto metropolitano necesita del almacenamiento y manipulación de una gran cantidad de combustible para las aeronaves y los vehículos de servicio en tierra. La manipulación de un volumen tan grande de combustible implica la pérdida de cantidades significativas a través de la evaporación y derrames, durante la transferencia entre tanques. Estas pérdidas aparecen como emisiones de contaminantes del aire y deben ser consideradas en cálculo de las emisiones del aeropuerto.

Para calcular las emisiones del almacenamiento y manipulación del combustible, se debe hacer una estimación de la cantidad total del combustible que será manipulado en el aeropuerto.

La estimación de los requisitos de combustible para aeronaves es una tarea muy difícil si se intenta hacer este cálculo sobre la base de la capacidad de combustible de cada tipo de aeronave y al número de operaciones. La cantidad resultante será altamente sobrestimada, debido a que una aeronave no recibe su carga completa de combustible en un solo aeropuerto. Según los datos del aeropuerto de Chicago, la cantidad media de combustible bombeada por avión /LTO. Es aproximadamente de 2.700 galones, en el aeropuerto de los Ángeles, esta cantidad resulta en 3.200 galones por LTO. Este valor alto, puede ser atribuido al hecho de que Los Ángeles sirve a un gran número de vuelos de largo alcance. La cantidad de combustible necesario para vehículos de servicio en tierra, se puede hacer la estimación de las emisiones por almacenamiento y manipulación. La distribución diaria de las emisiones será considerada igual a la distribución diaria del movimiento de las aeronaves.

Las emisiones debidas al almacenamiento y manipulación, son producidas por la evaporación del líquido almacenado en los tanques durante las fluctuaciones diarias de temperatura y del desplazamiento de los vapores del combustible, cuando los tanques son abastecidos. La primera es llamada pérdida de respiración y la segunda pérdida de manipulación. Hay también la posibilidad de evaporación del combustible que es derramado, durante las operaciones de reabastecimiento de las aeronaves y vehículos en tierra, pero se considera que estas cantidades no influyen en las emisiones, ya que generalmente el combustible derramado es lavado inmediatamente por los trabajadores en tierra, por el peligro de incendio que dichos derrames conllevan.



La pérdida por respiración en función del tipo de tanque de almacenamiento, del ciclo diario de temperatura, velocidad del viento, presión del vapor del combustible y el número de variables muy específicas. Es posible, por lo tanto, asumir que las pérdidas pueden ser controladas por sistemas de recuperación de vapor instalados dentro de los tanques.

Se recomienda que los sistemas de almacenamiento de combustible a ser instalados en los aeropuertos nuevos, hagan uso de esta tecnología para eliminar esa fuente de emisión. Con esto podrá asumirse que las emisiones de almacenamiento y manipulación sean representadas por las pérdidas asociadas con el reabastecimiento de las aeronaves y de los vehículos en tierra.

Vigilancia

La vigilancia de la calidad del aire, deberá estar siempre considerada dentro de lo que es la gestión ambiental, encaminada a prevenir o reducir la contaminación atmosférica y el establecimiento de nuevas medidas de vigilancia.

Objetivos de un programa de vigilancia

Para el establecimiento de un programa de vigilancia de la calidad del aire deben fijarse claramente los objetivos, fin de que se pueda reunir los datos apropiados con un costo y esfuerzo mínimos.

Dentro de los objetivos pueden citarse los siguientes:

- a) Observancia y aplicación de las normas sobre la calidad del aire y evaluación de las estrategias de vigilancia. Es conveniente especificar en detalle, las normas y procedimientos que permitan obtener buenos resultados para los programas de vigilancia.
- b) Activar los procedimientos de control, en situaciones de urgencia. Los sistemas destinados concentradamente al control, en casos de emergencia, deben estar completamente definidos y listos para entrar en funcionamiento y proteger a la población dentro del aeropuerto y sus inmediaciones.
- c) Evaluar el riesgo para la salud humana. La acción de los contaminantes atmosféricos produce efectos agudos y efectos crónicos que se van manifestando paulatinamente a través del tiempo. Esto depende de la viabilidad de las concentraciones y de las concentraciones y de los contaminantes, los cuales deben ser evaluados continuamente.
- d) Determinar los riesgos del medio ambiente. El bióxido de azufre causa daños a la vegetación, por lo tanto es útil efectuar análisis de muestras de precipitación con la finalidad de detectar posibles fuentes de generación de lluvias ácidas en el ámbito del aeropuerto.
- e) Obtener datos que sirvan de base para planificación del uso de la tierra. Las pautas del uso de la tierra y las actividades consiguientes determinan en gran medida las clases y cantidades de contaminantes generados en la zona aeroportuaria. La red de observaciones debe abarcar lugares representativos de cada clase de uso de la tierra, como zonas residenciales de alta y baja densidad.
- f) Investigar reclamos concretos y conducir pesquisas de evaluación inicial.

4. Contaminación por ruido, vibraciones, radioactividad térmica o luminosa.

a) Intensidad en decibeles y duración del ruido en cada una de las actividades del proyecto.

Los niveles de ruido emitidos al ambiente por la maquinaria y equipos que serán utilizados en la preparación del sitio y construcción, la tabla II-6, esperados en el entorno de las áreas de construcción serán superiores a 68 decibeles ponderación (A); sin embargo este impacto adverso es poco significativo por ser puntual y temporal, además como éstas actividades se realizarán al aire libre esto permitirá una dispersión de los sonidos generados por las actividades que se llevarán a cabo en ésta etapa.

b) Fuentes emisoras de ruido de fondo en cada una de las etapas del proyecto.

Cuadro II-6 Potencia sonora de algunos equipos utilizados en faenas de la preparación del sitio y construcción.

EQUIPO	CANTIDAD	DB(A)
Pala excavadora	Variable	85
Trascabo	Variable	86
Camión de volteo	Variable	75
Pipa de agua	Variable	76
Compactadora	Variable	92
Revolvedora de concreto	Variable	86
Compresor	Variable	95
Martillo Neumático	Variable	100

c) Emisión estimada del ruido que se presentará durante la operación de cada una de las fuentes.

Uno de los efectos ambientales de la actividad aeroportuaria que han sido estudiados, corresponden a los ruidos que se generan durante la etapa de operación de un nuevo proyecto aeroportuario, específicamente el ruido generado por la operación de aeronaves. Las operaciones normales de aterrizaje y despegue no sólo producen elevados niveles de ruido de forma discontinua, si no usualmente no tienen un horario prescrito para su sucesión.

Para fines de análisis del impacto sonoro generado por los aeropuertos, se considera el ruido aeronáutico como aquel producido por las operaciones de aterrizaje, despegue, rodaje, circulación, prueba de motores y producido por equipos auxiliares.

Las pruebas de motores representan un gran elemento de contaminación sonora para las comunidades que viven en el entorno del aeropuerto. Este procedimiento operacional producirá elevados niveles de ruido durante un gran período de tiempo. El área afectada y en alcance del ruido dependen de una serie de factores físico como serán el tipo de avión, potencia aplicada a



la prueba, topografía de la región, ubicación de las comunidades con relación al lugar de las pruebas, etc.

Las aeronaves que representan la generación más antigua, como el B707, DC 8, Caravelle, B727-100, etc., no son certificadas con relación al ruido y por eso son conocidas como NNC (Non Noise Certificated). Con relación a lo anterior varios países, principalmente los del primer mundo, están restringiendo la operación de aeronaves consideradas ruidosas, en especial las NNC. La política de desactivación de aeronaves ruidosas y como consecuencia la modernización de las flotas deben adecuarse al desarrollo del transporte aéreo de cada país.

El aeropuerto a construir, sería de la categoría sexta, clasificación internacional y del tipo regional en el que operarán aeronaves de reacción de corto y mediano alcance, tales como: ATR-42, A-320, DC-9, MD-80, B727-100, B727-200, B-757, B-767, etc.

El nivel de ruido en las áreas de despegue y aterrizaje será superior a los 95 decibeles ponderación "A".

Cuadro II-7: Niveles de ruido para aeronaves para las cuales el EPAM monitorea los niveles de ruido (Lmax dB)

TIPO DE AERONAVE	NIVEL DE RUIDO PROMEDIO EN Db (A)
A320	74,52
ATR	76,47
B727	103,07
B757	83,5
B767	91,97
DC9	99,12
MD80	93,87
LEAR35	79,52
LEAR35	79,52

d) Dispositivos de control de ruido.

Cualquier problema de contaminación sonora, en términos de métodos de reducción de ruido, puede ser dividido en tres elementos básicos que son: la fuente productora, el medio en el cual ocurre la propagación y la población que sufre los efectos negativos de la contaminación. Por lo que para el personal que estará trabajando en esta etapa se les deberá proporcionar tapones auditivos, para disminuir el nivel de ruido generado por la preparación del sitio y construcción.

Los administradores de aeropuertos deben orientar a las empresas en el sentido de racionalizar las pruebas de motores y, si es posible, realizarlas de manera menos crítica para las comunidades cercanas. Entre otras medidas mitigadoras del impacto sonoro provocado por las pruebas de motores se destacan las siguientes:

1. Realización de pruebas en periodos diurnos (Ejemplo: de las 7:00 a las 22:00 hrs.).
2. Disminución del tiempo de pruebas a potencia elevada.

3. Selección adecuada del lugar de las pruebas.
4. Evaluación del direccionamiento de las aeronaves en el lugar de pruebas.
5. Utilización de los dispositivos supresores de ruido (amortiguadores de ruido).

Con relación a la utilización de supresores de ruido, el principal problema que envuelve su utilización es su alto costo de implantación. Además de eso, su utilización está restringida a un número reducido de aeronaves, siendo necesarios varios amortiguadores de ruido para atender una flota diversificada.

Resumen de varios programas de mitigación de ruido que actualmente están en funcionamiento en distintos aeropuertos internacionales. El Website de Boeing hace una categorización de las medidas de mitigación y reducción de sonido y expone una lista de aeropuertos para cada categoría. Estas categorías son las siguientes:

- Restricciones en el calentamiento de motores
- Restricciones en el presupuesto por ruido
- Sobrepasa por ruido
- Sistema de monitoreo de ruido
- Límites en niveles de sonido
- Programas de compatibilidad de ruido
- Restricciones para aeronaves
- Pistas preferenciales
- Costo de operación
- Toque de queda en los aeropuertos.

Ruta de vuelo para mitigar el ruido

Una de las medidas más frecuentes utilizadas en los Estados Unidos y en el resto del mundo para mitigar el ruido generado por operaciones aéreas es la de utilizar rutas que causen el menor impacto acústico posible, es decir el establecimiento de rutas en aquellas áreas donde los usos de suelo sean compatibles con el ruido generado por aeronaves. Ver tabla II-8 que informa sobre los niveles de ruido compatibles con distintos usos de suelo.

Se recomienda que una vez que este operando el aeropuerto de manera normal se instalen unos monitores provisionales en los tres puntos donde se instalarán los monitores permanentes para obtener niveles de ruido par todas las aeronaves que operan en este aeropuerto nuevo. Con el fin de verificar y ajustar (en caso de que sea necesario) los límites de ruido proporcionados en la tabla 2, los niveles de ruido obtenido en este monitoreo provisional deberán ser comparados con los niveles proporcionados en la tabla II-7 y que puedan ayudar en la determinación de aquellos ajustes que sean necesarios.

Reducción del ruido en la población

El programa de conservación de la audición para funcionarios del aeropuerto es una herramienta poderosa para los administradores de aeropuertos, que buscan, entre otras cosas, impedir que aparezcan lesiones auditivas, aumentar la comodidad de los trabajadores, reducir



accidentes de trabajo, etc. Este programa consta de dos fases que son las de implantación y la de mantenimiento.

La fase de implementación debe contener platicas educativas, mediciones de todas las fuentes de ruido y evaluación audio métrica de los trabajadores.

Para mitigar el factor ruido será necesario reubicar las comunidades que se localizarán cercanas al proyecto aeropuerto y deberá prevenirse la edificación de áreas habitacionales, en áreas cercanas a 500 metros de la pista del aeropuerto.

dB(A)= Decibel en la escala de ponderación A, esto es, la que más se aproxima a la curva de atenuación de frecuencias del oído humano.

EPAM= Ministerio del Medio Ambiente de Colombia.

Cuadro II-8: Niveles de ruido compatibles con distintos usos de suelo.

USOS DE SUELO	PROMEDIO DÍA-NOCHE DEL NIVEL DE SONIDO (Ldn) EN DECIBELES					
	<65	65-70	70-75	75-80	80-85	>85
RESIDENCIAL						
Residencial	Si	No	No	No	No	No
EDIFICIOS PÚBLICOS						
Escuelas	Si	No	No	No	No	No
Hospitales	Si	25	30	No	No	No
Iglesias, Auditorios, salas de Conciertos	Si	Si	25	30	No	No
Servicios públicos	Si	Si	25	30	No	No
Transporte	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Parqueo	Si	Si	Si	Si	Si	No
USO COMERCIAL						
Oficinas	Si	Si	25	30	No	No
Bodegas, Almacenes mayoristas- materiales de construcción, maquinaria, etc.	Si	Si	Si	Si	Si	No
Almacenes de venta al por menor- general	Si	Si	25	30	No	No
Utilidades	Si	Si	Si	Si	Si	No
Comunicación	Si	Si	25	30	No	No

USOS DE SUELO	PROMEDIO DÍA-NOCHE DEL NIVEL DE SONIDO (Ldn) EN DECIBELES					
	<65	65-70	70-75	75-80	80-85	>85
MANUFACTURA Y PRODUCCIÓN						
Manufactura general	Si	Si	Si	Si	Si	No
Fotografía y óptica	Si	Si	25	30	No	No
Agricultura y silvicultura	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Ganadería	Si	Si	Si	No	No	No
Pesca y minería, extracción y producción de recursos	Si	Si	Si	Si	Si	Si
RECREACIÓN						
Deportes al aire libre y deportes extremos	Si	Si	Si	No	No	No
Canchas acústicas, teatros y tarimas al aire libre	Si	No	No	No	No	No

*Nota: esta tabla se elaboró con extractos de regulaciones de Norteamérica en el cual se incluyen los niveles de ruido compatibles con distintos usos de suelo; y se tomo como referencia para el proyecto de norma de ruido para la zona del aeropuerto internacional El Dorado, Colombia.

II.6. IDENTIFICACIÓN DE LAS POSIBLES AFECTACIONES AL AMBIENTE QUE SON CARACTERÍSTICAS DEL O LOS TIPOS DE PROYECTO

Referencia	Impacto observado	Observaciones/Acciones
<ul style="list-style-type: none"> • Ministerio del Medio Ambiente. España. • Operación del aeropuerto de Barajas, España. Antonio e. Berrocal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ruido Las comunidades vecinales cercanas al aeropuerto de Barajas han pronosticado en los últimos meses importantes movimientos de protesta contra el ruido. En este capítulo vamos a describir que medidas está tomando la industria aeronáutica, las compañías operadoras y los propios aeropuertos para aplacar, en lo posible, dichas protestas. Y digo en lo posible porque es obvio que la presencia de un aeropuerto implica necesariamente la generación de ruidos en el área circundante, a la que también reporta importantes beneficios comerciales y económicos. La solución pasa necesariamente por hacer una gestión racional del uso del suelo en el entorno de estos "ruidosos vecinos" 	<ul style="list-style-type: none"> • La primera de ellas es la necesidad de restringir la expansión urbanística en los entornos aeroportuarios. • ¿Cómo lograr el cumplimiento entre los niveles sonoros reales y los permitidos? Son dos las soluciones posibles: el aislamiento acústico de las viviendas (lo cual encarece su precio final) o la imposición de unas distancias mínimas entre fuentes emisoras (aviones) y potenciales receptores (vecinos). • Restringir vuelos nocturnos. <p>La acústica básica postula que la intensidad de un sonido decrece con la inversa del cuadrado de la media entre el emisor y el receptor. Teniéndose en cuenta este principio, así como correcciones de tipo meteorológico (viento y humedad relativa) y orográfico, debería ser fácil calcular la anchura mínima de la franja perimetral del aeropuerto que ha de mantenerse libre de zonas de uso residencial. Por ello, serán las administraciones públicas competentes las que habrán de visar la planificación urbana y la gestión del suelo en los entornos aeroportuarios.</p>

Referencia	Impacto observado	Observaciones/Acciones
<ul style="list-style-type: none">Ladislao Martínez López Ecologistas en Acción Madrid (España), octubre del 2000.	<p>En relación con el transporte aéreo vemos cómo el impacto del ruido de aviones es particularmente significativo en el entorno más inmediato de los grandes aeropuertos (operaciones de despegue y aterrizaje), agravado considerablemente por la relativa proximidad entre los aeropuertos y las ciudades, y por el crecimiento experimentado por el tráfico aéreo, tanto civil como militar. Según el anuario de El País de 1999, en septiembre del año anterior, el número total de entradas y salidas de aviones en los aeropuertos españoles se contabilizan en 1,158,777 vuelos, de los cuales 200,211 correspondían al de Madrid-Barajas.</p> <p>El aeropuerto a construir en el Estado de Querétaro, será de categoría sexta, clasificación internacional y del tipo regional en el que operan aeronaves de reacción de corto y mediano alcance, tales como ATR-42, A-320, DC-9, D-80, B-727-100, B-727-200, B-757 y B-767, etc. El nivel de ruido en las áreas de despegue y aterrizaje será superior a los 95 decibeles, ponderación "A" y el Aeropuerto tendrá una capacidad de 25 operaciones por hora.</p>	<p>Con las características que presenta el aeropuerto regional de Querétaro y respecto al posible impacto en lo que a ruido se refiere, habrá que considerar las acciones de mitigación propuestas en las observaciones anteriores, además de utilizar dispositivos superiores de ruido (amortiguadores de ruido) disminución del tiempo de pruebas a potencia elevada, etc.</p>

Referencia	Impacto Observado	Observaciones/Acciones
<ul style="list-style-type: none"> Ladislao Martínez López Ecologistas en Acción Madrid (España), octubre del 2000. 	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo económico/ urbano La otra cuestión a considerar es que el aeropuerto es, sin duda, un foco dinamizador de la economía de todo su entorno. Un reciente estudio auspiciado por ACI Europe (Airpot Council International), titulado Creating Employment and Prosperity in Europe, revela un dato bastante esclarecedor: por cada millón de pasajeros que utiliza un aeropuerto, son 1,100 los puestos de trabajo directos que se crean, y hasta 2,900 los indirectos e inducidos. En el caso de Barajas dando por buenas estas conclusiones de la ACI, con un volumen de pasajeros de 25 millones y medio durante el año 98, serían un total de 27,000 los puestos de trabajos directos que este aeropuerto habría generado. Esta dependencia económica entre el aeropuerto y su entorno reporta evidentes beneficios sociales a la zona, pero lógicamente también implica algunos perjuicios, que quizá podrían considerarse una especie de peaje. La cuestión sería en ese caso intentar que dicho peaje no se convirtiera en abusivo. En el desarrollo económico y urbano del aeropuerto regional de Querétaro está considerado instalarse en una superficie de 747.6 hectáreas que sin duda detonará el 	<p>De nada servirá el proyectado nuevo aeropuerto de Campo Real si dentro de 30 años, y por una mala gestión del suelo, se reproducen los problemas ambientales que está padeciendo Barajas y su entorno. Ahora queda plantearse la pregunta del millón: ¿qué fue antes, el huevo o la gallina? Un ejemplo ilustrativo es lo ocurrido con el aeropuerto de Estocolmo, que hace unos años, y precisamente por problemas ambientales, fue trasladado desde Bromma a Arlanda, una localidad que se encuentra a 45 km de la capital. Esto hizo que muchos trabajadores y sus familias se mudasen a la periferia del nuevo aeropuerto para evitarse largos desplazamientos, por lo que la zona de Arlanda ha ido creciendo considerablemente en los últimos años a expensas del nuevo aeropuerto. Ahora, las protestas vecinales han comenzado de nuevo.</p> <p>Para la planeación del proyecto se contemplaron los planes de desarrollo urbano y de infraestructura a realizar en mediano y largo plazo que pudieran influir en la operación eficiente del nuevo aeropuerto.</p>

Referencia	desarrollo de todo su entorno, tanto Impacto Observado	Observaciones/Acciones
<ul style="list-style-type: none">Ladislao Martínez López Ecologistas en Acción Madrid (España), octubre del 2000.	<ul style="list-style-type: none">económico como urbano, aunque existen beneficios sociales, podrían suscitarse problemas de especulación y algunos otros relacionados con el uso de suelo	Es necesario tomar en cuenta medidas para mitigar el posible impacto, por ejemplo, el de cumplir con la norma respecto a los usos de suelo contemplados para el desarrollo del proyecto de las superficies aledañas al aeropuerto.

--	--	--

Referencia	Impacto Observado	Observaciones/Acciones
Declaración de la Presidencia de los Estados Unidos (Presidente Bill Clinton)	<ul style="list-style-type: none">• Contaminación <p>Clinton dice ningún aeropuerto para Everglades de América. Después de la base de fuerza aérea anterior de la granja cerrada abajo en los años 90, la fuerza aérea inició planes para transferir la base al condado de Dade para el desarrollo en un aeropuerto internacional del cubo al aeropuerto internacional rival de Miami. El aeropuerto habría tenido efectos devastadores en parques adyacentes del nacional de Everglades y Biscayne. Con un vuelo casi cada minuto, el aeropuerto y el desarrollo circundante emitirían siete toneladas de agentes contaminadores tóxicos al aire cada día, llenarían los parques con ruido del aeroplano, y estimularían la postura desgarrada industrial que alcanzaría virtualmente a las fronteras de los parques. El proyecto del aeropuerto de Querétaro se considera con una capacidad de 25 operaciones por hora, tomando los valores antes mencionados: 1 vuelo por minuto = 7 toneladas de contaminantes al día para el caso de Querétaro, serían aproximadamente 4.86 kg por operación por hora, de los cuales considerando las 25 operaciones por hora se obtiene alrededor de 2.9 ton por día de contaminante al aire.</p>	Es necesario tomar medidas para que no exista excesiva contaminación y realizar continuos monitoreos para poder evaluar la contaminación y evitar algún tipo de contingencia.

Referencia	Impacto Observado	Observaciones/Acciones
<p>United States Environmental Protection Agency Air and Radiation EPA420-D-00-003 July 2000. Draft Technical Support Document: Control of Emissions of Hazardous Air Pollutants from Motor Vehicles and Motor Vehicle Fuels</p>	<p>• Emisiones a la atmósfera Las emisiones del avión abarcan menos de 2 por ciento del inventario móvil de las emisiones de la fuente Nox, pero son contribuidores significativos al inventario de Nox en algunas ciudades. Además, las emisiones del avión comercial son un segmento cada vez más rápido del inventario de las emisiones del transporte. Las emisiones del avión son contribuidores potencialmente importantes al cambio global del clima y pueden también contribuir al agotamiento de la capa de ozono estratosférica.</p>	<p>Los estándares de la emisión para motores de turbina de gas que accionan el avión civil han estado en el lugar por cerca de 20 años. Tales motores se utilizan en virtualmente todo el avión comercial, incluyendo líneas aéreas del pasajero y de la carga. Los estándares no se aplican al avión militar o general de la aviación. Los controles en humo del motor y las prohibiciones en la expresión del combustible fueron instituidos en 1974 y han estado revisados varias veces desde entonces. Comenzando en 1984, los límites fueron puestos en la cantidad que los motores de turbina pueden emitir del HC por ciclo del aterrizaje y del despegue. En abril de 1997, adoptamos la Organización Internacional existente de la Aviación Civil (ICAO) Nox y los estándares de la emisión del CO para la turbina de gas engines 121 ICAO, una agencia especializada de las Naciones Unidas, son el foro más apropiado para primero establecer los estándares de la emisión del motor de avión comercial debido a la naturaleza internacional de la industria de la aviación. Ningunas de las acciones apenas discutidas han dado lugar a reducciones significativas de las emisiones, pero han servido de algo en</p>

Referencia	Impacto Observado	Observaciones/Acciones
United States Environmental Protection Agency Air and Radiation EPA420-D-00-003 July 2000. Draft Technical Support Document: Control of Emissions of Hazardous Air Pollutants from Motor Vehicles and Motor Vehicle Fuels		gran parte para prevenir aumentos en emisiones del avión. También estamos explorando otras maneras de reducir los efectos ambientales asociados a transporte aéreo a través de la Nación, estamos trabajando con la Administración Federal de la Aviación (FAA) para animar progreso de continuación en la reducción de emisiones de las unidades de potencia auxiliar de tierra del equipo y del avión de servicio del aeropuerto. Patrocinamos la compilación de los datos y de los métodos técnicos del inventario de la emisión, que el FAA utilizará para desarrollar una circular consultiva para líneas aéreas y las autoridades del aeropuerto interesadas en la reducción de emisiones de estas fuentes.

Referencia	Impacto Observado	Observaciones/Acciones
<ul style="list-style-type: none"> Modelo de alegaciones presentadas contra el proyecto del aeropuerto de la Ciudad Real España. Sr. Director General de Calidad y Evaluación Ambiental Ministerio de Medio Ambiente Pza. San Juan de la Cruz, s/n 29071 Madrid Madrid a 12 de agosto del año 2000 	<ul style="list-style-type: none"> Deficiencia en la fundamentación de impactos Rutas migratorias de aves <p>El estudio de Impacto Ambiental es absolutamente deficiente, habiendo obviado muchos de los impactos previsibles sobre las aves, sus hábitats y los espacios protegidos y subestimado excesivamente los impactos sobre las aves a sabiendas de que es el grupo biológico con más importancia en la zona y el que más gravemente cerca afectado por este proyecto.</p> <p>El EIA no ha valorado los impactos que causarán los nuevos accesos y la ampliación del aeropuerto, centrándose sobre todo en los impactos directos. Otros factores de impacto que pueden definirse como impactos indirectos (degradación progresiva del hábitat circundante por aumento de la contaminación atmosférica) e impactos inducidos (aumento general de la urbanización e industrialización de los alrededores, situándose este impacto sobre una ZEPA (Zona Ecológica Protegida que requiere otro tipo de desarrollo económico para garantizar la conservación de las aves por las que fue designada), no han sido tenidos en cuenta en el EIA y tendrán un impacto negativo sobre el resto de las aves de la ZEPA, que podrá dar lugar a un declive generalizado de estas poblaciones de aves esteparias.</p> <p>El EIA se han basado en un estudio ornitológico incompleto en el tiempo (no llega a dos meses de trabajo de campo); que sólo ha estudiado la presencia de aves desde finales de febrero a comienzos de abril y que especifica que la estimación de posibles impactos tiene un carácter orientativo (conclusión núm. 398 Tomo II del EIA).</p>	<p>Es relevante lo afirmado por F. Suárez et al (2000) en sus conclusiones (núm. 15) no obstante, la precisión de estas estimaciones se ve limitada por los hechos de (i) disponer únicamente de los resultados de los muestreos de estos meses, considerando que la mayoría de las especies se encontraban en el periodo post-invernal y/o prerreproductor, (ii) los movimientos interanuales que realizan la mayor parte de estas aves esteparias y (iii) no estar definida la gestión concreta del recinto aeroportuario y de su zona de aplicación con suficiente grado de detalle para realizar las estimaciones. Esta última frase es de enorme gravedad, dado que si no está definido suficientemente el proyecto no es posible realizar una adecuada valorización de su impacto sobre el medio ambiente.</p> <p>Dentro de las acciones para mitigar el impacto, sería primero, la creación de un medio hostil dentro de la franja de despegue y aterrizaje de los aviones asimismo el mejoramiento de hábitat a los lados (este y oeste) de la franja,</p>

Referencia	Impacto Observado	Observaciones/Acciones
<ul style="list-style-type: none"> Modelo de alegaciones presentadas contra el proyecto del aeropuerto de la Ciudad Real España. Sr. Director General de Calidad y Evaluación Ambiental Ministerio de Medio Ambiente Pza. San Juan de la Cruz, s/n 29071 Madrid Madrid a 12 de agosto del año 2000 	<p>En el juicio sobre los impactos (Tomo III. Apdo. 9 Pág. 632 del EIA) sólo se ha valorado para el dictamen final el impacto sobre las aves del desbroce y despeje: eliminación de la vegetación y voladuras (Impacto Moderado) en la fase de construcción; la emisión de ruidos y vibraciones (Impacto Severo) y el tráfico aéreo (Impacto Moderado), en la fase de explotación del aeropuerto. Sobre la movilidad de las especies se ha considerado con Impacto Moderado durante la fase de construcción los cerramientos: sistema de barrera y vallado.</p> <p>En EIA se ha realizado la valorización de cada uno de los impactos considerando de una forma claramente subjetiva y muy a la baja (en el EIA no se detallan los criterios utilizados en la asignación de las categorías de impacto, si es que se han utilizado).</p> <p>Además, es especialmente grave que se han obviado en la valorización de impactos sobre las aves y sus hábitats acciones de la importancia de los movimientos de tierra, tráfico de maquinaria pesada, pavimentación o nuevas vías de acceso, por mencionar las más relevantes durante la fase de construcción o, en la fase de explotación del aeropuerto: el desbroce de vegetación durante las labores de mantenimiento habitual en los alrededores de los aeropuertos, el tráfico rodado en las vías de acceso que ahuyenta a algunas aves más sensibles entre 1 y 2 km, la colisión de las aves contra el vallado, los métodos para el control y para ahuyentar las aves alrededor del aeropuerto o ocupación especial de la infraestructura sobre un espacio protegido como es la ZEPA.</p> <p>Todos estos elementos impactantes han sido obviados con el objetivo de manipular el resultado y poder concluir que el</p>	<p>para mitigar el impacto.</p>

Referencia	Impacto Observado	Observaciones/Acciones
<ul style="list-style-type: none">Modelo de alegaciones presentadas contra el proyecto del aeropuerto de la Ciudad Real España.Sr. Director General de Calidad y Evaluación Ambiental Ministerio de Medio Ambiente Pza. San Juan de la Cruz, s/n 29071 Madrid Madrid a 12 de agosto del año 2000	<p>impacto del aeropuerto sobre el medio ambiente es de Moderado a Severo, sin incluir ningún impacto crítico a pesar de la fragilidad rareza y diversidad de los elementos ambientales afectados.</p> <p>Por otra parte no debe desempeñarse el riesgo de colisión de las aves contra los aviones, aspecto especialmente preocupante en este aeropuerto el situarse en una zona donde existe grandes aves de gran y mediano tamaño que a menudo vuelan en bandos de cientos de individuos, lo que aumenta considerablemente el riesgo de accidentes graves. Sin embargo, el EIA en vez de valorar este hecho como un factor negativo en contra de la construcción del aeropuerto en una ZEPA, propone que se ahuyenten las aves y se controlen las poblaciones de especies protegidas que se encuentren en los alrededores del aeropuerto para minimizar el riesgo de accidentes.</p> <p>Esta agresiva acción no ha sido siquiera identificada por los técnicos que han elaborado el EIA como factor que pudiera suponer un impacto sobre las aves. Mientras que, en la fase de explotación del aeropuerto: el desbroce de vegetación durante las labores de mantenimiento habitual en los alrededores de los aeropuerto, el tráfico rodado en las vías de acceso que ahuyenta a algunas aves más sensibles entre 1 y 2 km, la colisión de las aves contra el vallado, los métodos para el control y para ahuyentar las aves alrededor del aeropuerto o ocupación espacial de la infraestructura sobre un espacio protegido como es la ZEPA.</p> <p>Todos los elementos impactantes han sido obviados con el objetivo de manipular el resultado y poder concluir que el impacto del aeropuerto sobre el medio ambiente es de Moderado a Severo, sin incluir ningún impacto crítico a pesar la fragilidad,</p>	

Referencia	Impacto Observado	Observaciones/Acciones
<ul style="list-style-type: none">Modelo de alegaciones presentadas contra el proyecto del aeropuerto de la Ciudad Real España.Sr. Director General de Calidad y Evaluación Ambiental Ministerio de Medio Ambiente Pza. San Juan de la Cruz, s/n 29071 Madrid Madrid a 12 de agosto del año 2000	<p>rareza y diversidad de los elementos ambientales afectados. Por último, en cuanto a la posibilidad de establecer medidas compensatorias para la ZEPA, al objeto de hacer compatible el proyecto con el medio ambiente, entiendo que no se dan las condiciones necesarias que prescriben las Directivas Europeas para estos casos.</p> <p>En primer lugar, no se trata de un proyecto que manifieste un interés público de primer orden, dado que ha sido y es de carácter privado y que no ha sido incluido en ningún documento oficial que trate de las necesidades en materia de infraestructuras aeroportuarias en España y, mucho menos Europa.</p> <p>En segundo lugar, con seguridad existen alternativas viables para la ubicación del aeropuerto de la Ciudad Real. Pocos lugares habrá en Europa que ofrezcan un terreno tan extenso y propicio a la instalación de aeropuertos como La Mancha. Sin duda, los promotores del proyecto se han obcecado en una solución determinada por un análisis riguroso de las alternativas de ubicación del aeropuerto. Finalmente, las medidas compensatorias que se pudieran plantear son de dudosa, cuando no nula, eficacia a efectos medioambientales. La ZEPA del Campo de Calatrava es un enclave estepario aislado de otras zonas similares y con unas características singulares que no se dan en otras zonas de Castilla-La Mancha. Todo lo cual hace que la afección sobre la misma y las especies que alberga no se pueda compensar adecuadamente.</p> <p>Dentro del estudio realizado para el proyecto del aeropuerto de Querétaro, se encontró que existente 7 especies de patos (datos bibliográficos) que por lo regular emigran en bandadas. Esta existencia de aves seguramente se</p>	

Referencia	Impacto Observado	Observaciones/Acciones
<ul style="list-style-type: none">Modelo de alegaciones presentadas contra el proyecto del aeropuerto de la Ciudad Real España.Sr. Director General de Calidad y Evaluación Ambiental Ministerio de Medio Ambiente Pza. San Juan de la Cruz, s/n 29071 Madrid Madrid a 12 de agosto del año 2000	debe a que encuentran en el entorno varios bordos y 3 presas (La Centenario, La Llave y Constitución). Debemos considerar que las aves son un peligro para el despegue y aterrizaje de los aviones, por lo que habrá que tomar las medidas pertinentes.	

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN.

IV.1 Delimitación del área de estudio preliminar

El área considerada para la construcción del Aeropuerto Metropolitano de México, se ubica entre las coordenadas señaladas en el cuadro IV.1.1, que comprende aproximadamente 980 hectáreas, que abarcan porciones de los municipios de Zapotlán y Villa de Tezontepec, y queda a una distancia insignificante del límite del municipio de Tolcayuca; sin embargo para efectos del análisis del sistema ambiental regional, también se considerarán a los municipios de Zempoala y Tizayuca, ya que estos municipios están dentro del área geomorfológica del relieve del proyecto y serán directamente afectados por la construcción del proyecto en todas sus etapas, por lo que el área comprendida dentro de estos 5 municipios será nuestra área de estudio.

Cuadro IV.1.1 Coordenadas UTM de la poligonal del área del proyecto

Punto	Coordenada X	Coordenada Y
1	518337.683	2208447.529
2	520370.525	2208048.798
3	515031.542	2203453.903
4	516130.803	2202675.853

A continuación se ilustra los municipios que serán considerados dentro del área de estudio para analizar los aspectos ambientales de la región, así como las tendencias del desarrollo y deterioro de la misma. (Cuadro IV.1.2)

Cuadro IV.1.2. Municipios comprendidos para el área de estudio del Estado de Hidalgo.

Municipio	Superficie (km²)
Tolcayuca	120.80
Tizayuca	92.50
Villa de Tezontepec	133.60
Zapotlán	131.10
Zempoala	305.80
Subtotal de la Región	783.80
Estado	20,987.00
Porcentaje del Estado	3.73%

Fuente: Anuario Estadístico, INEGI, 2003.

Particularmente en el tema correspondiente a aspectos socioeconómicos, también se considerará dentro del análisis a los siguientes municipios correspondientes al Estado de México, que colindan con la zona sur (Valle de Tizayuca) del Estado de Hidalgo (Cuadro IV.1.3).

Cuadro IV.1.3. Municipios comprendidos en la sección de aspectos socioeconómicos del Estado de México

Municipio	Superficie (km²)
Tecamac	153.41
Temascalapa	168.26
San Martín de las Pirámides	70.00
Zumpango	224.08
Subtotal de la Región	615.75
Estado	21,461.00
Porcentaje del Estado	2.87%

Fuente: Anuario Estadístico, INEGI, 2003

La razón por la que se incluyeron estos municipios únicamente en el apartado socioeconómico se debe a que la construcción del proyecto y su operación, provocará un movimiento demográfico por la oferta de empleo que el desarrollo del Aeropuerto Metropolitano de México causará, y parte de la población de los municipios más cercanos al Valle de Tizayuca del norte del Estado de México, se desplazará al sitio donde se asentará el centro de carga en busca de mejores condiciones de vida. Además otro de los factores por los que se considerarán a estos municipios es por las vías de comunicación que existen entre ellos al Valle de Tizayuca, contando principalmente con la Autopista Federal 85 México-Pachuca, lo cual facilita la dinámica demográfica arriba comentada.

Finalmente el municipio de San Martín de las Pirámides ha sido considerado en este análisis, principalmente porque una vez que este en operación el centro de carga y logística intermodal, se rehabilitará la vía férrea de Pachuca a Lindavista para el transporte de carga, lo cual implicará también un incremento considerable en las vías férreas de la región, principalmente en la cabecera municipal de San Martín, debido a que ahí se ubica la estación de ferrocarril más cercana al proyecto, lo cual también provocará un impacto del tipo puntual en las actividades productivas del pueblo y sobretodo también se verá beneficiada la comunidad por la generación de empleos del tipo indirectos del proyecto.

IV.2. Caracterización y análisis del sistema ambiental regional

IV.2.1 Medio Físico

Clima

El comportamiento climático del Valle Tizayuca, el cual esta ubicado dentro de la cuenca de México, se rige por masas de aire marinas, continentales y de circulación superior, influidas tanto por su ubicación geográfica dentro de la Zona Intertropical de Convergencia (ZIC), como por su posición altitudinal al centro y sur por arriba de los 2,200 msnm, mientras que al norte por arriba de los 1,500 msnm. Esta dinámica atmosférica se presenta tanto en lugares tropicales como en templados y se caracteriza porque se presentan dos máximos térmicos y dos periodos de precipitación característicos de los tropicales, mientras que el rango térmico es característico de los templados.

❖ Tipo de clima

En el mapa de climas, están representados los tipos y subtipos climáticos de la región, de acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificada por García (García, 1964) (carpeta de anexos, Relación de planos y archivo fotográfico).

En forma general, se puede decir que para la Región de estudio el tipo de clima que predomina es el $BS_1 k' w (w) i g w''$, que significa clima seco estepario, el menos seco de los BS , con un cociente P/T (precipitación/temperatura) mayor de 22.9; de régimen térmico templado, de verano fresco (k') con una temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura media del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura media del mes más caliente por debajo de 18°C; con oscilación anual de la temperatura isothermal (i) (menor de 5°C), marcha anual de la temperatura tipo Ganges (g) y canícula (w'').

El régimen de lluvias es de verano (w) por lo menos diez veces mayor cantidad de lluvia en el mes más húmedo de la mitad cálida del año que en el mes más seco, y su porcentaje de lluvia invernal es menor al 5% de la total anual ((w)).

Este tipo de clima ocupa más del 70% de la superficie de la Región, cubriendo en su totalidad el Municipio de Villa de Tezontepec y más del 70% de los municipios de Zempoala y de Zapotlán de Juárez.

Cuadro IV.2.1.1 Datos climáticos por estación meteorológica

Nombre	Observatorio Meteorológico de Pachuca	Tizayuca	Tolcayuca	Villa de Tezontepec
Coordenadas	LN 20° 07' LO 98° 44' Alt. 2,415 m.	LN 19° 50' LO 98° 58' Alt. 2,109 m.	LN 19° 57' LO 98° 55' Alt. 2,400 m.	LN 19° 53' LO 98° 49' Alt. 2,326 m.
Periodo (años)	T - 76 P - 76	T - 29 P - 29	T - 20 P - 24	T - 38 P - 37
Temperatura media anual (°C)	14.7	15.6	16.5	14.3
Precipitación anual (mm)	378.6	611.2	665.8	546.2
Relación Presión /Temperatura	25.7	39.1	40.35	38.2
Precipitación Invernal (%)	8.55	7.01	7.55	6.1
Oscilación térmica (°C)	4.9	7.4	4.4	6
Tipo de clima	BS₁k'w(w)ig w''	C(w ₀)(w)b(e) gw''	C(w ₀)(w)b	BS ₁ k'w(w)(i')g

Fuente: Datos proporcionados por CAASIM, a partir de los registros de C.N.A, con base en los datos de E. García (1964).

Hacia la parte baja de la sierra ubicada en la sección suroeste y oeste del valle, se ubica el subtipo $C(w_0)$ (w) *b i g w''*, templado subhúmedo, el más seco, con un cociente P/T menor de 43.2; su régimen térmico es templado, con verano fresco y largo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C; temperatura media del mes más frío entre -3°C y 18°C y del más caliente entre 6,5°C y 22°C; con oscilación anual de la temperatura isotermal (Δ), menor de 5°C, marcha anual de la temperatura tipo Ganges (g) y canícula (w'').

El régimen de lluvias es de verano, (w), por lo menos diez veces mayor cantidad de lluvia en el mes más húmedo de la mitad cálida del año que en el mes más seco, y su porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2% de la total anual (w).

❖ **La temperatura, radiación e incidencia solar.**

La temperatura depende directamente de la insolación o cantidad de radiación que llega a la superficie del suelo. Esta insolación varía según el ángulo de incidencia con el que caen los rayos solares, lo que determina la duración y efectividad de su acción (Sandoval, 1953), pero también, la nubosidad impide la penetración efectiva de la energía radiante.

Por su ubicación latitudinal, la insolación sobre la región no resulta tan afectada por la inclinación de los rayos solares ni tampoco por su duración excesiva, si en cambio, por la nubosidad que la reduce considerablemente durante la estación húmeda (Galindo y Chávez, 1977).

En la época seca y fría, de octubre a mayo, la insolación es mayor de 80% en el lapso de las 8 a las 15 horas, fenómeno que se acentúa aún más en las vertientes con exposición al este; en dicho periodo hay sólo un pequeño descenso en el mes de marzo, o sea cuando también las masas de aire frío - que son comunes - ocasionan una nubosidad de tipo frontal, o nieblas de radiación durante las madrugadas, que se levantan hasta ya entrada la mañana, ocasionando con ello el retraso de la insolación que alcanza el valor de 80% hasta después de las nueve horas.

En la época húmeda, la formación de nubes, sobre todo las que aparecen después del mediodía, abate el valor de la insolación, de modo que sólo llega a alcanzar 60% del máximo expresado para el mismo lapso de las 8 a las 15 horas. Durante los meses de mayo a junio y de agosto a septiembre, ese máximo de 60% se restringe, entonces, de las 8 a las 13 horas. Estas variantes concuerdan con la invasión y formación de las nubes convectivas que provienen del área central o, también, con las de origen orográfico que se forman en la región.

La curva anual de la temperatura presenta, en general, dos máximos y dos mínimos que están condicionados por la insolación y la nubosidad, como ya se ha visto. La diferencia máxima que se presenta entre la duración del día y la noche en la región es apenas de 2 horas 20 minutos, y ello trae como consecuencia que la variación térmica anual no sea muy amplia. Así, en la parte baja y central, por debajo de los 2,500 msnm, la oscilación en su mayoría es poco extremosa, entre 5°C y 7°C, en tanto que en altitudes mayores se vuelve isotermal, es decir, con oscilaciones menores a 5°C.

Respecto a los máximos térmicos, el primero y más importante se presenta a finales de mayo o principios de junio, retrasado respecto al primer paso del sol por el cenit de la región en estudio, de manera que la curva térmica va un poco desfasada respecto de la insolación; el otro máximo - aunque bastante atenuado por lo elevado de la humedad relativa, debido a que ocurre en plena época de lluvias - se presenta en agosto, una vez que ha ocurrido el segundo paso del sol por el cenit de la región.

Por lo que respecta a los valores térmicos mínimos medios, el primero y principal ocurre durante la etapa invernal, en el mes de enero, cuando la insolación llega a su mínimo y en la región dominan las masas de aire frío del oeste y las polares del norte. El segundo mínimo se presenta durante la estación húmeda, en el mes de julio, cuando penetran de lleno los vientos húmedos que, por venir del mar, actúan como masas de aire frío, comparadas con las cálidas y secas que se encuentran en la región, determinando que la temperatura máxima alcanzada en junio decrezca, en promedio, entre 1°C y 2°C.

A) Isotermas

El factor altitudinal determina la zonación térmica media, de manera que hay una variación que se inicia con una condición que es templada en su parte baja y se va enfriando gradualmente hacia las áreas elevadas.

La isoterma media anual de los 15°C bordea toda la parte correspondiente al Valle de Tizayuca, entre las cotas de 2,250 m y los 2,300 msnm e incluso en la parte colindante con el Estado de México, alcanza los 16°C, en tanto que hacia el noreste, en el área de la Sierra de Pachuca - por arriba de la cota de los 2,500 msnm.

El gradiente térmico vertical en la región, tiene un valor de 0.49°C por cada 100 m de altura, de manera que la temperatura va disminuyendo progresivamente de las partes bajas del Valle de Tizayuca hacia las partes altas de las montañas de la Sierra de Pachuca.

❖ Frecuencia de heladas, nevadas y huracanes, entre otros eventos climáticos.

La brisa que durante la madrugada drena de las montañas de la Sierra de Pachuca hacia nuestra área de estudio en la planicie, introduce en ella aire frío que provoca descensos térmicos e inmovilidad de masas que propician situaciones de inversión térmica, que perduran hasta muy entrada la mañana o cerca del mediodía. Dicha situación afecta la estabilidad de los cultivos del periodo otoño-invierno ya que propicia el desarrollo de heladas (un promedio de 25 a 50 heladas por año y de 5 a 10 granizadas al año), mientras que en los asentamientos urbanos da lugar a concentraciones de partículas sólidas de contaminantes.

La invasión y los asentamientos de este tipo de masas de aire reducen progresivamente la penetración de las brisas de montaña a valle y, con ello, la ventilación horizontal en la parte baja de la región disminuye en forma considerable. El mismo efecto de reducción se presenta en la brisa de valle a montaña debido a que desde el talud medio hasta el centro de la planicie se trata de una misma superficie de absorción calórica, dado el proceso de eliminación de la cubierta vegetal.

❖ La precipitación y humedad relativa.

El factor orográfico es determinante en el drenaje del aire y en la distribución de la humedad atmosférica, de manera que ambos aspectos pueden correlacionarse también con las diferencias

que existen en la generación de la lluvia. Para ello, se plantea primero la distribución de la precipitación durante el año, las isoyetas anuales y las del mes más lluvioso.

Durante el verano, la mayor parte de la precipitación registrada es de tipo orográfico y convectivo; la fuente de humedad la constituyen los Alisios y las "Ondas del Este" asociadas a ellos. El relieve del Norte del Valle de Tizayuca, actúa como una barrera para estas masas de aire húmedo, obligándolas a elevarse, lo que ocasiona un enfriamiento adiabático que provoca una saturación del aire y la formación de nubes de la familia de los estratos y cúmulos en y sobre los flancos de las sierras, sobre todo en la región ubicada en la cuenca del río Amajac, produciéndose precipitaciones intensas¹ en dichas áreas. Por ello casi todas las precipitaciones del verano son de tipo orográfico en las sierras, y convectivo en la parte baja de la región en estudio. Estas últimas, en su mayoría, son vespertinas y nocturnas debido a que están condicionadas al movimiento advectivo y convectivo del aire que se intensifica después de que se alcanza el caldeoamiento máximo, es decir, en las primeras horas de la tarde. Ambos procesos dan lugar a fuertes aguaceros, chubascos, tormentas eléctricas y granizo.

Otras precipitaciones son las producidas por las llamadas "Ondas del Este", aunque éstas son menos abundantes que las anteriores.

Otro tipo de precipitaciones intensas tiene lugar a fines del verano y principios del otoño, cuando las perturbaciones ciclónicas que se producen tanto en el Atlántico como en el Pacífico introducen potentes lenguas de aire húmedo, que se presentan como masas frías y húmedas, ocasionando la formación de superficies frontales que dan lugar a mal tiempo durante períodos prolongados.

A principios del otoño aumenta la intensidad de la circulación de los vientos del Oeste que, en el invierno, dejan escasas precipitaciones, que pueden ser intensificadas por la presencia de vórtices fríos y vaguadas polares en dicha circulación. Otras masas de aire húmedo, que proceden del noreste ("nortes"), producen también lluvias de tipo frontal que dan origen a periodos de dos a cinco días de mal tiempo. Cuando los vientos polares son intensos y se conjugan con las masas de aire húmedo de los "nortes" se puede tener precipitación nivosa en las sierras. Con todo, la precipitación invernal total no representa en cantidad, ni un 5% del total anual.

Cabe destacar que el número de días con precipitación apreciable al año (con precipitación superior a 0.1 mm) es de 60 a 80 días. El número de días con precipitación inapreciable al año es de 20 a 40. La precipitación máxima en 24 horas es de 100 a 200 mm. La humedad relativa anual es de 55 a 65%. El número de días nublados al año es de 100 a 150 días

A) Isoyetas anuales

La isoyeta de 600 mm se localiza en el borde de la sierra de Pachuca. Las áreas más secas se ubican en el área de estudio del Valle de Tizayuca correspondiente a las partes bajas de las planicies, así como hacia el sureste y noroeste, que tienen entre 400 a 600 mm al año, y la porción central, con menos de 500 mm. La temporada lluviosa alcanza su máximo durante los

¹ La intensidad está dada por la ecuación $I = \frac{P}{t}$

Donde: P = Precipitación en mm
t = tiempo de caída, en min.

meses de julio, agosto y septiembre, predominando septiembre el de mayor precipitación, con un promedio de 150 mm, sobre la Sierra de Pachuca, coincidiendo aproximadamente esta isoyeta con la de 1,200 mm de la precipitación anual en esta área. La parte que recibe menor cantidad de lluvia es la porción centro y centro - sur de la región correspondiente al Valle de Tizayuca donde se reciben menos de 100 mm en julio, valor que coincide aproximadamente con la isoyeta anual de 600 mm.

A continuación se muestra el valor total y promedio mensual de la precipitación registrada en la Estación meteorológica de Pachuca, Hgo., la cual se utilizó en este estudio por no contar con información de las estaciones meteorológicas situadas en los municipios de Tolcayuca, Tizayuca y Villa de Tezontepec.(cuadro IV.2.1.2).

Cuadro IV.2.1.2. Precipitación observada

Año	Val	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
80	Total	-	-	-	23.2	203.8	37.1	55.1	70.3	24.1	33.1	8.6	-
	Prom	-	-	-	0.77	6.57	1.24	1.78	2.27	0.80	1.07	0.23	-
81	Total	17.5	22.4	29.2	52.8	88.6	114.5	57	38.6	18.3	75.3	0	0.5
	Prom	0.56	0.8	0.94	1.76	2.82	3.82	1.76	1.24	0.61	2.43	0	1.02
82	Total	0	6.1	13.7	11.1	-	7.1	36.7	28	15.5	25.8	2.3	6.1
	Prom	0	0.22	0.41	0.37	-	0.24	1.18	0.90	0.51	0.83	0.08	0.19
83	Total	36.3	9.3	8.3	0	32	60.9	49.2	33.9	73.8	3.8	40.1	0.3
	Prom	1.17	0.33	0.27	0	1.03	2.03	1.47	1.09	2.46	0.12	1.34	0.01
84	Total	16	13.1	15.2	1.5	56.2	82	68.2	65.8	83.5	1.2	3.4	2.4
	Prom	0.51	1.45	0.49	0.05	1.69	2.73	2.19	1.12	2.78	0.04	0.11	0.08
85	Total	6.7	3.7	10	71.5	83.8	106.1	-	36.9	4.4	1.7	1.8	0
	Prom	0.22	0.13	0.32	2.37	2.70	3.53	-	1.19	0.15	0.05	0.06	0
86	Total	0.2	0	0	32.3	60	119.7	51.3	44.1	34.4	36.3	21.9	0
	Prom	0.01	0	0	1.07	1.93	3.51	1.65	1.42	1.15	1.17	0.73	0
87	Total	-	-	-	-	-	44.1	55.7	33.2	40.2	0	9.5	0
	Prom	-	-	-	-	-	1.36	1.79	1.07	1.34	0	0.31	0
88	Total	8	8.2	32.1	24.5	13.3	-	-	-	-	-	-	-
	Prom	0.25	0.28	0.76	0.81	0.43	-	-	-	-	-	-	-

❖ **Vientos dominantes.**

La dirección del viento como la velocidad del mismo, es de interés, de acuerdo a los datos del Observatorio Meteorológico de Pachuca (Cuadro IV.2.1.3); se desprende una amplia influencia de los vientos Alisios y las Ondas del Este asociadas a ellos, cuyas direcciones predominantes son del norte, noreste y noroeste en menor grado. Durante los meses fríos y secos, influidos por las vaguadas ciclónicas, los vientos predominantes pueden ser del suroeste. Dichas vaguadas, causan cambios en la dirección del viento y en la presión de la atmósfera en la región, lo que provoca inestabilidad del aire por enfriamiento adiabático brusco. El aumento en la inestabilidad del aire influye forzosamente en el gradiente barométrico, aumentando con ello, las fuertes tolvaneras que se presentan en los meses de enero, febrero y marzo, principalmente en la parte de las planicies y parte del piedemonte, que remueven gran cantidad de partículas, principalmente sólidas.

Cuadro IV.2.1.3 Vientos, Dirección y velocidad máxima absoluta

AÑO	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO	
	1980	N	22	NE	18	NE	20	N	18	NE	12	NE
1981	N	14	NE	14	SW	16	N	18	NE	14	N	12
1982	N	18.8	N	14.4	WSW	13.8	NNE	13.8	NE	13.3	NNE	15.5
1983	SSW	16.9	SSW	14.4	WSW	21.8	SSW	17.2	N	13.8	N	12.2
1984	N	11.1	WSW	12.7	N	10.3	NE	14.1	N	22.2	NNE	14.4
1985	NNE	10	N	18.3	N	18.8	NNE	14.4	N	13.8	N	14.4
1986	N	11.1	SSW	14.4	NNE	14.4	ENE	13.3	NNE	11.1	NE	11.6
1987	SSW	14.4	SSW	13.8	SSW	15.2	NNE	15.5	NE	13.8	N	14.4
1988	ENE	14.4	N	16.1	NE	13.3	N	15.8	NNE	14.4	N	13.3
1989	N	15	N	17.2	NNE	17.5	N	15.8	NNE	15.5	N	17.2
1990	NNE	15.5	N	14.4	N	15.5	N	14.4			NNE	15
1991	NNE	11.6	NNE	12.2	NNE	17.5	NNE	13.6	NNE	16.1	N	9.3
1992	NNE	18.8	WSW	14	NNE	14.4	SW	12.2	NNE	10.5	NNE	13.3
1993	NNE	13.3	SW	12.2	NNE	14.1	WSW	15.5	NNE	12.2	NNE	13.3
1994	N	15.5	N	13.8	NNE	12.7	N	17.7	NNE	14.4	NNE	13.8
1995	NNE	11.6	NNE	16.1	NNE	11.1	N	15.5	NNE	14.4	NNE	15.5
1996	N	13.3	NNE	14.4	SW	10	N	11.6	NNE	12.2	NNE	19.4
1997	SW	12.2	WSW	11.1	NNE	12.2			NE	8.8	N	11.6
1998	NNE	7.7	SSW	11.6	SSW	11.3	S	8.3	NNE	8.8	NE	11.1
1999	N	7.7	N	13.3	N	10	N	13	N	11.1	N	7.7
PROM		13.7		14.3		14.5		13.9		12.6		13.7

AÑO	JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
	1980	NE	14	NE	14	NE	14	N	16	NE	14	N
1981	NE	12	N	12	NE	12	NE	12	NE	12	NNE	14.4
1982	NNE	17.2	NNE	17.2	NNE	15.8	NNE	12.7	N	20	NNE	15.5
1983	NNE	16.6	NNE	16.1	NNE	13.4	NNE	13.6	NNE	15	NNE	16.6
1984	NNE	13.8	NNE	13.8	N	13.8	N	13.6	N	16.6	NNE	18.8
1985	NNE	16.6	N	17.7	N	14.4	NNE	14.4	N	14.1	NNE	12.2
1986	NE	14.7	N	15	NE	17.2	N	14.4	NNE	17.2	NE	12.7
1987	NNE	16.1	N	14.4	NE	16.6	N	15.5	N	13.3	NNE	16.6
1988	NNE	15.5	N	14.4	N	14.4	N	15.2	NNE	13.3	N	12.2
1989	N	16.3	NNE	12.2	N	14.4	N	11.1	N	16.6	NNE	14.4
1990	NNE	15.5	NNE	9.1	NNE	17.2	N	13.8	NNE	15.5	NNE	15.5

1991	NNE	13.3	NNE	14.7	NNE	13.8	NNE	12.7	NNE	17.2	N	13.8
1992	NNE	15.6	NNE	19	NNE	19.4	N	16.1	WSW	13.8	NE	14.4
1993	N	13.3	N	14.4	NNE	13.8	NNE	11.1	N	11.1	N	11.1
1994	N	15.5	NNE	13.8	NNE	12.2	NNE	11.1	NNE	13.8	N	12.7
1995	NNE	11.1	NNE	12.2	NNE	12.2	NNE	12.2	NE	12.2	SW	10.5
1996	NNE	11.1	NNE	13.8	NNE	10	NE	8.8	NE	10	NNE	13.3
1997	NE	10	NNE	10	NNE	10	N	8	N	10	SW	11.1
1998	NNE	11.1	N	10	NNE	11.6	NNE	8.8	NNE	8.3	NE	6
1999	N	10	N	8.3	N	15.5	N	12.2	N	11.1	N	10
PROM		13.9		13.6		14.1		12.7		13.8		13.6

Se puede concluir que la velocidad del viento en la zona a lo largo de todo el año es del tipo ligero, así como moderado, sin llegar en ningún momento al viento con una velocidad fuerte.

❖ Balance hídrico.

En la zona comprendida dentro del Valle de Tizayuca, la evaporación total anual es de 1600 a 1800 mm, esta información proviene del Atlas Nacional de México. El índice pluviométrico de Thornthwaite (función de demasía, deficiencia de agua y evapotranspiración anual) es de -20 a 0, que indica un carácter de humedad seco. El índice de aridez según Davidson, que es la precipitación anual en mm entre la evaporación anual en mm, es de 0.25 a 0.50, que corresponde a un índice semiárido. El índice de aridez de Lang, que es la precipitación anual en mm entre la temperatura anual en grados centígrados es de entre 30 a 43.2, que corresponde a un índice de subhúmedo de menor humedad.

Asimismo el mes en que ocurre la máxima canícula es el de agosto. La intensidad promedio de la sequía relativa es de 0.1 a 20%. La sequía relativa es el cociente entre el área del polígono por 100 y la suma de la precipitación de mayo a octubre.

Aire

Las emisiones al aire corresponden a compuestos orgánicos (gases) y a partículas. Los contaminantes presentes en el aire son: monóxido de carbono (CO), bióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), los óxidos de azufre (SO_x), hidrocarburos no quemados en su totalidad (HC), compuestos orgánicos volátiles (COV) y partículas (PM^{2.5} y 10). El consumo de los combustibles fósiles es la fuente principal de los contaminantes gaseosos; otros gases y vapores emitidos durante numerosos procesos industriales pueden ser causa de que las concentraciones locales de los contaminantes alcancen niveles objetables. Mientras las partículas de tamaño más grande se forman a partir de los precursores gaseosos, siendo de interés mayor el rango de tamaño de 0.01 a 10 micras.

La calidad del aire correlaciona diversos factores principalmente, la naturaleza física y química de los contaminantes, su concentración a la atmósfera, el comportamiento fisicoquímico y las características meteorológicas del ambiente como el fenómeno de inversión térmica, sobre todo en época invernal, la ubicación y la naturaleza del terreno.

² PM 2.5 y PM 10: Partículas menores a 2.5 μ y 10 μ de diámetro.

Con el objeto de valorar la calidad atmosférica del área en estudio, se retoma la división de fuentes de emisión en fijas, móviles y naturales, consideradas como emisores significantes de contaminantes al aire.

A) Fuentes Fijas

Dentro de las fuentes fijas se dividen, en forma arbitraria, en puntuales y de área. Una fuente puntual a toda instalación establecida en un lugar que tenga como finalidad desarrollar operaciones o procesos industriales o actividades que generan emisiones contaminantes a la atmósfera.

Muchos procesos industriales de manufactura usan equipo alimentado con combustible, por ejemplo, las industrias del curtido, de la galvanoplastia en piezas metálicas. Es importante mencionar que las concentraciones en que se emiten dependen de la tecnología de procesos y de las consecuencias operativas y de control de emisiones. Aun así, a diferencia de los vehículos, la emisión de contaminantes es menor por unidad de energía consumida.

Aunado a esto, en cada categoría del proceso se registran emisiones inherentes, en el caso de la galvanoplastia, durante el desengrase de las piezas metálicas, se emiten vapores de percloroetileno; en hilos y fibras blandas durante los baños de acabado, existen emisiones de vapores de formaldehído. Asimismo, los almacenamientos de combustibles como gasolina (estaciones de servicio) y gas L.P. (gaseras) emiten a la atmósfera gases derivados de los hidrocarburos almacenados, como metano, butano, benceno, entre otros. Además, existen diversas fuentes potenciales de emisiones por fugas en el equipo, que están asociadas con las industrias de aceite, refinación de petróleo y distribución de productos del petróleo.

Las fuentes de área son todos aquellos establecimientos o lugares donde se desarrollan actividades que de manera individual emiten cantidades relativamente pequeñas de contaminantes, pero en conjunto representan un aporte considerable a la atmósfera. En la región, clasifican la mayoría de establecimientos comerciales y de servicios, incluso los hogares por el uso de combustible y productos como pinturas y tintas, y fuentes móviles que no circulan. Como puede observarse, en la región, las fuentes de área son numerosas y dispersas, según el Censo Económico (INEGI, 1999), registra 99 unidades económicas (Cuadro IV.2.1.4), donde la mayor parte corresponde a establecimientos de tortillerías y panaderías (40% y 35% respectivamente). Sin mencionar las tintorerías, y las actividades agrícolas y de construcción por el manejo de maquinaria.

Cuadro IV.2.1.4. Fuentes fijas: Puntuales y de Área

FUENTES	PUNTALES					ÁREA					
	Productos alimenticios	Industria Textil	Industria de bebidas	Industria automotriz	Sustancias químicas	Panaderías	Tortillerías	Productos a base de minerales no metálicos	Extracción de minerales son metálicos	Estaciones de gasolina	Gaseras
Municipios											
Tizayuca	12	3	4	5	32	22	28	0	0	7	1
Tolcayuca	0	0	0	0	0	0	7	0	0	2	0
Villa de Tezontepec	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
Zapotlán	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Zempoala	0	0	0	0	0	6	5	0	4	4	4

Regional	12	3	4	5	32	35	40	0	4	15	5
----------	----	---	---	---	----	----	----	---	---	----	---

Fuente: Datos obtenidos del Censo Económico, 1999, INEGI.

Las fuentes puntuales en la región, corresponden únicamente al municipio de Tizayuca. Este dato asevera que las principales fuentes de contaminación son las actividades humanas íntimamente asociadas con el estándar socioeconómico de vida.

B) Fuentes Móviles

Las fuentes móviles, son los vehículos automotores que transitan por vías de circulación como calles, carreteras, caminos y avenidas³. Las emisiones de estas fuentes están integradas por un diverso número de contaminantes que provienen de procesos diferentes, las más consideradas son las emisiones del motor resultado de la combustión y que son liberadas por el escape del vehículo. Los contaminantes clave en este tipo de emisiones incluyen CO, HC, NO_x, SO_x, PM, gases tóxicos y reductores de visibilidad. Además de las emisiones de escape, los vehículos automotores registran una variedad de emisiones evaporativas provenientes del motor cuando está caliente y en operación, asimismo durante la recarga de combustible y las evaporaciones diurnas.

En las grandes ciudades, la principal fuente de contaminación son los automóviles, debido a que la mayor parte de la energía proviene de la combustión de derivados del petróleo, y a que las emisiones se producen a nivel del piso, lo que deriva en una exposición a concentraciones mayores.

Es importante, mencionar que la magnitud de las emisiones que generan los vehículos depende de factores intrínsecos como tecnología (marca), modelo (submarca) y combustible. En la región, el número de fuentes móviles registradas asciende a 37,589 (Cuadro IV.2.1.5), distribuidos en automóviles, camionetas pick up, vehículos de carga, autobuses y motocicletas. De acuerdo al registro vehicular 2002, en la región, predominan los vehículos que utilizan como combustible gasolina. Este comportamiento también, se observa para cada municipio.

Los vehículos de mayor circulación en la región, corresponden a los modelos anteriores a 1993⁴, en un porcentaje cercano al 80%. Con esta información, se puede aseverar que la tecnología de la mayoría de estos vehículos carece de dispositivos para el control de combustión, lo que contribuye a la emisión del escape de los principales gases HC, CO y NO_x.

C) Fuentes Naturales

Las emisiones de las fuentes naturales, son resultado de la acción de eventos meteorológicos, geológicos y/o procesos metabólicos, como los suelos erosionados, los incendios forestales, la ganadería, la agricultura, considerados por su naturaleza intermitentes y de localización dispersa de efectos son mínimos, es decir, que las emisiones naturales pueden fluctuar en forma considerable durante un mismo año, y pueden mantenerse constantes a través de una serie periódica de tiempo, por lo tanto, no se desglosa para la región ninguno de estos eventos, en el entendido que estos ocurren, y a diferencia de los ejemplos citados, se tienen registros de los siniestros por incendios forestales.

³ Inventario de Emisiones a la Atmósfera de la Zona Metropolitana del Valle de México, 1996.

⁴ En México, el convertidor catalítico fue introducido en unidades nuevas a partir de los modelos 1993.

Resumiendo, los vientos asociados a la pérdida de cobertura vegetal, los movimientos de tierra debidos a las actividades productivas y la urbanización, asimismo, las emisiones de contaminantes provenientes de las diferentes actividades humanas, desde cocinar, conducir un automóvil y producir en la industria, incrementan radicalmente su densidad en el aire, cuyos efectos repercuten en las personas, en forma directa, con problemas de salud en vías respiratorias y en el sistema cardiovascular; o indirectamente, en el deterioro de los sistemas productivos, materiales y de construcción, visibles en muchos casos, por la corrosión.

Cuadro IV.2.1.5. Fuentes móviles según modelo, procedencia y tipo de combustible, 2002

Municipio	año-modelo	Parque Vehicular	Combustible		
			Gasolina	Gas L.p.	Diesel
Villa de Tezontepec	ant a 1974	319	302	1	16
	1974-1986	983	944	5	34
	1987-1993	487	477	4	6
	1994 y post.	171	167	1	4
	Subtotal	1960	1890	11	60
Tizayuca	ant a 1974	4163	3944	4	215
	1974-1986	12347	11799	30	515
	1987-1993	5626	5471	31	123
	1994 y post.	2393	2180	54	158
	Subtotal	24529	23394	119	1011
Tolcayuca	ant a 1974	456	440	0	16
	1974-1986	1354	1302	0	52
	1987-1993	511	505	1	5
	1994 y post.	179	173	0	6
	Subtotal	2500	2420	1	79
Zapotlan	ant a 1974	605	568	2	35
	1974-1986	1719	1604	1	114
	1987-1993	661	635	0	26
	1994 y post.	360	333	0	27
	Subtotal	3345	3140	3	202
Zempoala	ant a 1974	888	855	0	33
	1974-1986	2895	2773	2	120
	1987-1993	1004	978	2	23
	1994 y post.	468	457	2	8
	Subtotal	5255	5063	6	184
Región		37589	35907	140	1536

Fuente: Datos generados por la Secretaría de Administración y Finanzas (2002) y desagregados por el Consejo Estatal de Ecología.

Geología y Geomorfología.

El área de estudio comprende planicies de la edad plioceno-cuaternarias, las cuales son de origen aluvial y lacustre, ligeramente inclinadas.

❖ Marco Geológico Regional y características litológicas y geomorfológicas.

De acuerdo con la división de provincias geológicas (Ortega-Gutiérrez *et al.*, 1992), la porción meridional de la región está comprendida en la provincia geológica de la faja volcánica Transmexicana del Cenozoico, de origen volcánico y ambiente geotectónico del arco continental. En tanto que, en su porción septentrional se localiza en la provincia geológica del Cinturón

Mexicano de Pliegues y Fallas del Mesozoico, origen sedimentario marino y ambiente geotectónico de orógeno.

Morfológicamente la región en la provincia de la faja volcánica transmexicana se encuentra en una etapa de juventud, en la cual es poco notoria la erosión. Consiste de una serie de extensas planicies o valles con volcanes aislados, conos cineríticos o grupos de volcanes de dimensiones variadas y composición andesítica o basáltica, así como complejos de domos riolíticos-dacíticos-andesíticos (Zamorano-Orozco *et al.*, 2001). Las planicies o valles están conformadas por sedimentos aluviales en general de poco espesor.

Desde el punto de vista regional, el área de mayor extensión la ocupa el aluvi3n, seguida de una extensi3n por la arenisca-toba localizada al este de Tizayuca y Tezontepec, as3 como en la regi3n de Acayuca y en algunas regiones de Zempoala. Las andesitas se localizan en las cimas de las sierras de Tezontlalpan, Los Pitos y en la regi3n de la sierra de Pachuca. En las faldas de las sierras de Tezontlalpan y Los Pitos aflora la arenisca-conglomerado; los basaltos tienen una menor extensi3n y afloran en forma dispersa, localmente existen afloramientos al norte de Tolcayuca y al noreste de Zapotl3n de Ju3rez. En la regi3n de Zempoala afloran de manera dispersa las brechas volc3nicas y muy localmente al sueste de Epazoyucan. Las riolitas se encuentran aflorando al noroeste de Epazoyucan, al norte de la Ciudad de Pachuca y al este de Pachuquilla. Hacia la zona este del poblado de San Antonio se encuentran aflorando en una regi3n muy marcada las tobas. Por 3ltimo las rocas extrusivas, afloran al norte del 3rea en estudio en el contacto entre la Faja Volc3nica Transmexicana y la Sierra Madre Oriental.

De manera regional (Cuadro IV.2.1.6), pueden distinguirse varios complejos volc3nicos y/o volcanocl3sticos, o estructuras dentro del 3rea de estudio, tales como:

El valle de Pachuca-Tizayuca es una regi3n geomorfol3gica distintiva que se localiza entre estas dos localidades, comprendiendo parte de los municipios de Pachuca, Zapotl3n de Ju3rez, Tolcayuca, Tizayuca y Villa de Tezontepec, formado de planicies o valles en los que predominan el aluvi3n o sedimentos volcanocl3sticos de la formaci3n Tarango. Este valle est3 orientado en direcci3n noreste-suroeste y presenta una longitud aproximada de 35 kil3metros por un ancho que va de 15 a 20 kil3metros, en el cual se presentan volcanes aislados, conos ciner3ticos o grupos de volcanes de dimensiones variadas y composici3n andes3tica o bas3ltica del cuaternario, as3 como complejos de domos riol3ticos-dac3ticos-andes3ticos del plioceno tard3o (Zamorano-Orozco *et al.*, 2001).

Cerca del l3mite oriental del valle de Pachuca-Tizayuca se localiza el **complejo de domos volc3nicos de la sierra de Los Pitos** (10 km de di3metro y 2,950 m de altitud), ubicado a 20 km al noreste de la ciudad de Tizayuca, entre los municipios de Villa de Tezontepec y Zempoala. Comprende un conjunto de domos andes3ticos-riol3ticos del Plioceno tard3o rodeado en su periferia por volcanes peque1os del Cuaternario de composici3n dac3tica y al sur de composici3n andes3tica a bas3ltica.

Es un conjunto de domos menores que forman cumbres y laderas altas de la sierra de Los Pitos, alcanzan una altitud m3xima de 2,950 msnm en el cerro de Los Pitos y 2,920 m en el Picacho. A los pies de las laderas altas se desarrolla un gran piedemonte de acumulaci3n volc3nica y fluvial, que se extiende topogr3ficamente desde los 2,600 hasta los 2,350 m. En la periferia de 3ste se levantan algunos conos volc3nicos de peque1as dimensiones. La morfolog3a del complejo es de tipo circular en planta.

Las rocas más antiguas en este complejo corresponden a dacitas de edad miocénica probable, que afloran cerca de la población de Zempoala.

Cuadro IV.2.1.6. Características de las secuencias y/o unidades geomorfológicas regionales

Secuencia y/o Unidad Geomorfológica	Edad	Litología	Espesor	Dimensiones	Distribución	Características
Valle de Pachuca-Tizayuca	Plioceno-Cuaternario	Aluvión o sedimentos volcanoclásticos de la Formación Tarango		35 km de longitud x 15-20 km de anchura	Parte de los municipios de Pachuca, Zapotlán de Juárez Tolcayuca y Tizayuca	Planicies o valles con volcanes o conos cineríticos aislados
Domos de la sierra de Los Pitos	(Mioceno) Plioceno tardío-Cuaternario	Andesita y riolita		10 km de diámetro	Parte de los municipios de Villa de Tezontepec y Zempoala	Complejo de pequeños domos rodeados por volcanes en su periferia

Estratigrafía

La distribución de las rocas en la región es concordante con la distribución de las provincias geológicas anteriormente citadas. Así, la porción meridional está caracterizada por la presencia de rocas volcánicas (andesitas y basaltos) y piroclásticas (tobas andesíticas) del Terciario y Cuaternario, relacionadas con la actividad volcánica de la faja volcánica Transmexicana. Sin embargo, existen complejos de domos riolíticos-dacíticos-andesíticos en la porción meridional del área de estudio, correspondiendo al complejo dómico de la sierra de Los Pitos.

Son catorce las unidades litoestratigráficas (Cuadro IV.2.1.7) reconocidas en la región, éstas corresponden a dieciocho de origen volcánico y/o volcanoclástico continental que varían en edad del Oligoceno tardío al Cuaternario.

Cuadro IV.2.1.7 Unidades litoestratigráficas de la Región Valle Pachuca-Tizayuca

Abreviatura	Descripción
Qal	Aluvión y regolita (depósitos de talud, piedemonte, suelo residual, material piroclástico). Pleistoceno tardío al Reciente
Qmp	Basalto en malpaís desarrollado sobre derrames de lava interestratificados en la base con depósitos lacustres. Cuaternario.
Qb	Basalto y basalto andesítico comúnmente en forma de conos volcánicos. Cuaternario.
Qppc	Ceniza volcánica, lapilli y escoria con intercalaciones de basalto, andesita o traquita (Formación El Pino). Plioceno-Cuaternario.

Qpp	Basalto, andesita o traquita con intercalaciones de ceniza, lapilli y escoria (Formación El Pino). Plioceno-Cuaternario.
Qca	Andesita basáltica reciente con fenocristales de olivino. Pleistoceno tardío-Holoceno.
Qab	Andesita basáltica antigua de edad no determinada.
Tpt	Toba, brecha tobácea y pómez con grava, arena, limo y lentes de caliza lacustre, interdigitados con rocas volcánicas máficas (Formación Tarango). Plioceno tardío.
Tpc	Toba andesítica, ceniza volcánica y pómez intercaladas con depósitos de piedemonte (Formación Calpulalpan). Plioceno.
Tpb	Basalto, aglomerado, brecha y ceniza volcánica correlacionables con el Grupo San Juan o la Formación Atotonilco El Grande. Plioceno.
Tpch	Toba riolítica y riolita fluidal con lentes de obsidiana (Riolita Chignahuapan). Plioceno.
Tpv	Andesita de olivino-clinopiroxeno-ortopiroxeno correlacionable con la Andesita Chichicautla. Plioceno temprano.
Tomv	Brecha volcánica, toba y aglomerado intercaladas con derrames de andesita o riolita correlacionables con el Supergrupo Pachuca. Oligoceno tardío-Mioceno temprano.
Tmv	Toba y brecha interestratificada con andesita y dacita correlacionables con el Supergrupo Pachuca. Mioceno medio a tardío.

De acuerdo al Estudio de Mecánica de Suelos, realizado por personal de la Secretaría de Obras Públicas de Gobierno del Estado de Hidalgo, se detecto que dentro de la poligonal del proyecto la estratigrafía corresponde claramente a 3 unidades geológicas en orden descendente, las cuales son:

1ª Unidad.- Estrato superficial formado por depósitos de origen aluvial compuesto de arenas y arcillas transportadas por corrientes superficiales, cubiertas por una capa de suelo con materia orgánica. El espesor de esta unidad varía de 5 a 10 m.

2ª Unidad.- Secuencias de depósitos volcánicos compuestos por tobas arcillosas y arenosas cementadas, areniscas y posiblemente conglomerados; existen afloramientos en las partes bajas de los cerros circundantes. El espesor de estos depósitos en el sitio se estiman de 10 a 20 m.

3ª Unidad.- Rocas volcánicas constituidas principalmente por basalto y brechas volcánicas, se desconoce su espesor pero es mayor a 50 m. Existen afloramientos en las partes altas de las sierras (de los Pitos, Tlexta, Santa Rosa, Colorado, entre otras).

Los resultados de los muestreos realizados en campo, indican un valor relativo de soporte (VRS) entre 20% y 80% y la expansión entre 0 y 1.3%, por lo que el suelo tiene una buena resistencia con un VRS de 45% promedio y presenta pocos cambios de volumen (expansión o contracción) al modificar su contenido natural de agua. Finalmente la capacidad de carga detectada en la unidad geológica superior, es mayor a 30 ton/m² sin presentar ningún problema de estabilidad dentro del proceso constructivo.

❖ Características del relieve

La zona del Valle de Tizayuca se encuentra enclavado en dos regiones fisiográficas: Provincia del Eje Neovolcánico y Subprovincia Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo.

Subprovincia Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo.

Esta subprovincia se extiende desde el oeste de la ciudad de Querétaro, hasta la ciudad de Pachuca, con una superficie dentro del estado de 7,821.33 km², cubriendo un 37.41% del total estatal, englobando la parte oeste del área en estudio (Zapotlán de Juárez). De poniente a oriente presente un corredor, debajo de los 2,000 m.s.n.m. de lomeríos bajos en material volcánico y llanuras. Aparte de ciertas prominencias dentro de dicho corredor, queda prácticamente encerrado desde todos los lados por sistemas de sierras, mesetas y lomeríos bajos en material volcánico y llanuras.

En la subprovincia dominan las rocas lávicas, basálticas, pero el corredor antes mencionado tiene piso de aluviones antiguos y casi toda la subprovincia, esta comprendida dentro de la cuenca del Pánuco.

Hacia el oeste de la subprovincia dominan los sistemas de lomeríos de rocas volcánicas intermedias, interrumpidos por sierras volcánicas aisladas. La sierra de Pachuca ubicada al Norte del Valle de Tizayuca, formada por rocas volcánicas ácidas, separa las llanuras del sur del Estado de las que extienden al noreste de Tulancingo con el río del mismo nombre.

Provincia del Eje Volcánico. Subprovincia de lagos y volcanes del Anahúac

Abarca la parte sur del Valle de Tizayuca y se caracteriza por ser una enorme masa de rocas volcánicas de todos los tipos, acumulada en innumerables y sucesivas etapas, desde mediados del terciario (unos 35 millones de años atrás) hasta el presente.

Esta provincia esta integrada por grandes sierra volcánicas y coladas lávicas, como dispersos o en enjambre, amplios escudo-volcanes de basalto y depósitos de arenas y cenizas, entre otras formaciones, se encuentran dispersos en llanuras. Las amplias cuencas cerradas ocupadas por lagos constituyen otro rasgo esencial de la provincia.

Por la posición geográfica de la región del Valle de Tizayuca, existe diversidad en su relieve aún cuando su superficie territorial es pequeña.

La sierra de los Pitos es una amplia estructura volcánica de basalto y andesitas y se localiza hacia el noreste de Tizayuca, con una elevación de 2,950 msnm, y una dirección Noreste-Sureste.

La sierra de Tezontlalpan esta ubicada al noroeste de Tizayuca y tiene una dirección NE-SW con una altitud de 2,850 msnm.

Las elevaciones pequeñas y lomas están presentes a manera de conos dispersos o en enjambre de los 2,520 – 2,260 msnm y se encuentran dispersas dentro de la planicie aluvial.

La planicie de nivel base (2,259 –2,360 msnm), se localiza al centro de la cuenca con dirección NE-SW, desde Tizayuca hasta la planicie meridional en las estribaciones de la sierra de Pachuca.

❖ **Presencia de fallas y fracturas.**

Los afloramientos de las calizas de la formación El Doctor y las lutitas y areniscas de la formación Méndez, presentan pliegues asimétricos convergentes hacia el oriente, con una marcada amplitud en la cresta de los anticlinales desarrollados en las primeras y apretamiento en sinclinales, inclinación pronunciada en los flancos inversos y pliegues mayores con orientación de sus ejes en general hacia el noroeste. La amplitud entre las crestas de los anticlinales varía entre 700 y 1000 metros, presentando en el flanco inverso más corto, echados que varían de 70° a 89° al suroeste. En la parte superior de los pliegues flexionados hacia el oriente, los echados varían de 5° a 25° al noreste-suroeste (de Los Santos *et al.*, 1995).

Existen dos sistemas de fracturas asociados con una fase distensiva. El primer sistema está orientado noreste-suroeste y noroeste-sureste. Otras fracturas están orientadas NNE-SSO y NNO-SSE. También existen fallas normales orientadas casi norte-sur con inclinación hacia el oeste.

En porción meridional del área cartografiada, en la mina Zempoala, se reconoce una falla de orientación noroeste (45°) de tipo transcurrente izquierda. También hay fracturas con orientación noroeste (60°), orientación que es similar a las fracturas de la sierra de Pachuca.

Otras fallas normales están orientadas noreste (55°) y corresponde al emplazamiento de los domos, vertical y hacia el sureste.

❖ **Susceptibilidad de la zona a sismos.**

De acuerdo al Atlas Nacional de México, el área de estudio se encuentra en una zona de depósitos clásicos continentales del Cretácico Superior Cenozoico, acumulados en cuencas o depresiones locales como resultado del bloqueo de drenaje producido por fallas o actividad volcánica, lo cual permite que el Valle de Tizayuca tenga una susceptibilidad baja a los sismos, y prácticamente nula a deslizamientos, derrumbes y movimientos de rocas.

Suelos

El suelo es el resultado de la interacción de cinco factores: material parental, clima, organismos, topografía y tiempo. Las propiedades de mayor importancia de los materiales parentales minerales son las químicas y mineralógicas, las que en gran parte son responsables del ciclo de formación del suelo y de su consecuente composición química, mineralógica y física, incluyendo los minerales secundarios; el clima, constituye el principal factor que rige el tipo y velocidad de formación del suelo, por las características climáticas de la región el proceso de formación de suelo es lento.

El uso y manejo de los suelos depende no sólo de factores climáticos, edafológicos o ecológicos, sino de factores sociales, económicos y políticos. Esta interacción de factores tan diversos marca el uso y las prácticas que se pueden dar al suelo bajo las condiciones existentes.

En la región del valle de Tizayuca los procesos de la erosión y degradación de suelo ratifican el deterioro ecológico del ambiente en una de sus manifestaciones más severas. Además, representan una de las principales amenazas sociales, al influir negativamente en el desarrollo de las actividades productivas y económicas del medio rural.

El proceso de deterioro ambiental que ocurre en la región ha ocasionado la pérdida de la capacidad para mantener los ciclos biológicos que sustentan de manera natural la existencia de vegetación. Esto se observa en el transecto de Pachuca-Tizayuca, entre otras zonas. Este fenómeno resulta de la interacción de factores económicos, culturales, institucionales e incluso

normativos, que se expresan en una inadecuada aplicación de técnicas de producción y falta de aprovechamiento de la aptitud de los suelos, además de la gran presión por el cambio de uso de suelo agrícola y/o forestal a urbano.

La actividad agrícola que se lleva a cabo en la región y en particular los métodos intensivos de labranza, la falta de prácticas de conservación, y el uso de los terrenos inapropiados, contribuyen en gran parte a disminuir la calidad productiva de los suelos en esta región.

❖ **Tipos de Suelo**

Las principales unidades de suelo de acuerdo a la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB-1999), se presentan en el mapa VII (Capítulo VIII, sección VIII.1.1 anexos) donde se observa que los feozem es la unidad de suelo que predomina dentro de los 5 municipios de la Región.

A continuación se presenta una descripción de los mismos:

A) Cambisol

El nombre deriva del latín *cambiare* (\approx cambio). Su connotación es: cambios en color, estructura y consistencia.

Suelos con horizontes *A* mólico y *B* cámbico, el uso a que puede destinarse es el forestal, para agricultura requiere fertilización y encalado abundante. Los cambisoles vérticos pueden emplearse para actividades agropecuarias con productividad de media a buena, aunque suelen presentar problemas bajo un manejo inadecuado. Por otro lado, los cambisoles eutricos son muy pobres en nutrimentos, prácticamente inaprovechables en actividades agropecuarias.

Los cambisoles se encuentra distribuido en los cinco municipios de la Región. El pH y la fertilidad de estos suelos es variable de acuerdo con la zona, alta en zonas aluviales y baja en sedimentos antiguos. La mineralogía esta representada por una buena cantidad de minerales fácilmente intemperizables. Son suelos de definición muy compleja, su formación no esta regida por ningún proceso específico, como no sea la alteración y el lavado. Generalmente se puede decir que los procesos de alteración, son los más importantes en la génesis de estos suelos (mapa VII del Capítulo VIII, sección VIII.1.1 anexos).

B) Phaeozem

El nombre deriva del griego *phaios* (\approx oscuro) y del ruso *zemlja* (\approx tierra). Su connotación es: suelos ricos en materia orgánica de color oscuro (mapa VII del Capítulo VIII, sección VIII.1.1 anexos). Presentan una fertilidad de moderada a alta, tanto potencial como actual, con condiciones químicas y físicas generalmente apropiadas para actividades agropecuarias. El phaeozem háplico es la principal unidad que destaca en la región con el 51% aproximadamente, siendo principalmente de origen aluvial.

Estos suelos se caracterizan por presentar un epipedon mólico, con un horizonte de diagnóstico argico o albico cambico y vertico, su mineralogía se caracteriza por presentar minerales fácilmente intemperizables. En la zona se emplean para agricultura de temporal, estos suelos son muy importantes en la economía agrícola de la zona, ya que se emplea principalmente en el cultivo de cebada y avena. Estos suelos se caracterizan por una evolución moderada, presencia de arcillas de tipo esmectita.

C) Leptosoles

El nombre deriva del griego *leptos* (\approx delgado). Su connotación es: suelos delgados, débilmente desarrollados. Esta unidad de suelo se distribuye en los municipios que comprende la Región.

Se localizan en las laderas abruptas y en las cimas de las sierras y lomeríos, como en el cerro de Los Pitos (Cuadro 14 y Figura 6). Estos suelos presentan una evolución incipiente, que por una u otra causa, no les ha permitido desarrollar horizontes genéticos. Algunos leptosoles de la zona presentan un epipedon ócrico o úmbrico. La característica común de estos suelos es la ausencia virtual de horizontes genéticos y la naturaleza mineral del suelo.

Los leptosoles se presentan generalmente en pendientes, lo que propicia que el material superficial se transporte a las partes mas bajas no permitiendo la formación de horizontes pedogenéticos (erosión eólica). Se caracterizan por tener fertilidad muy baja asociada a la presencia de minerales primarios, recomendado su uso forestal, ya que actividades agropecuarias propiciarán una mayor erosión.

D) Regosoles

El nombre deriva del griego *reghos* (\approx manto). Su connotación es: manto de material suelto sobre la capa dura de la tierra.

Suelo formado por material suelto, excepto por aluvial reciente y materiales de texturas gruesas o que muestran propiedades flúvicas. Carecen de propiedades gléyicas dentro de los primeros 50 centímetros. No tienen ningún horizonte de diagnóstico (posiblemente uno ócrico). Esta unidad se localiza principalmente en Villa de Tezontepec y Zempoala (mapa VII del Capitulo VIII, sección VIII.1.1 anexos)

Las propiedades de estos suelos están ampliamente determinadas por el material original, la poca evolución que presentan se debe a las condiciones climáticas y a los aportes continuos de material (aluviones). Su uso es muy variable, aunque se menciona frecuentemente que el laboreo exhaustivo puede conducir a la destrucción total de estos suelos, por lo que se recomienda la reforestación y obras de conservación de suelos.

❖ Grado de erosión del suelo

En la Región no se cuenta con estudios que pongan de manifiesto la magnitud del problema de la erosión. Sin embargo, el área de estudio tiene un grado entre leve y moderado de erodabilidad, de acuerdo al Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Valle Pachuca - Tizayuca.

De manera general, la erosión presente en el área es de dos tipos la geológica y la inducida, esta última ocasionada por las actividades humanas, siendo uno de los principales factores que inciden en la degradación de los suelos de la zona de estudio. La erosión geológica es un proceso natural e inevitable y no siempre afecta de forma adversa al suelo o la vegetación.

La erosión inducida rompe el balance de generación del suelo, promoviendo la pérdida parcial o total de los horizontes edáficos, a través del rompimiento de los agregados del suelo y la remoción acelerada de partículas orgánicas y minerales.

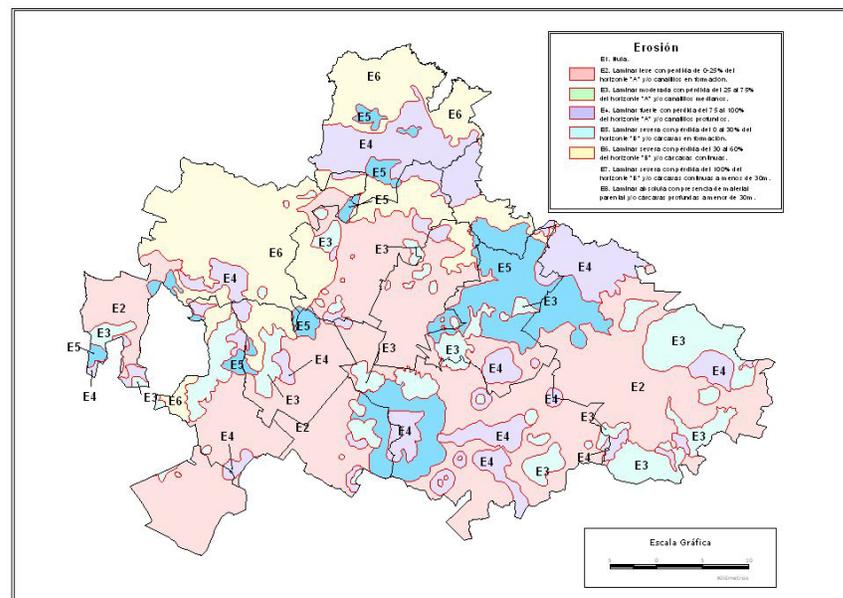
Los principales agentes de erosión en la región son el viento y el agua. Ambos agentes desprenden y transportan las partículas provocando la pérdida de material edáfico.

Los municipios que integran la región de estudio, presentan desde un grado mínimo de erosión cualitativa (E2), hasta grados extremadamente altos de deterioro edáfico debido a procesos erosivos (E6). (Figura IV.2.1.1)

La región se caracteriza por una agricultura de temporal donde existen sitios muy perturbados por efecto del pastoreo errante. Esta zona se encuentra sujeta a fuertes presiones debidas a la invasión de la mancha urbana, perdiéndose por esta causa extensas áreas con un alto potencial agrícola. Los cerros aislados dentro de la zona plana representan amplias áreas completamente erosionadas, debido a perturbaciones que se derivan de las actividades productivas humanas.

En el cerro de Los Pitos, sitio donde es posible encontrar todavía algunos rasgos de vegetación nativa, se presenta un grado de perturbación baja, por lo inaccesible del sitio.

Figura IV.2.1.1 Tipos de erosión presentes en la Región Valle Pachuca Tizayuca.



❖ Características físicas del suelo y edafología.

El área en estudio se localiza en un sitio con suelo dominante Feozem, que es un suelo con horizonte A mólico B argílico. La saturación de bases es mayor al 50%, y carece de horizontes cálcico o gypsico. El suelo aubdomiante es Vertisol, que es un suelo que contiene 30% o más de arcilla en los primeros 50 cm de profundidad. Muestra grietas al menos de 1 cm de ancho y 50 cm de profundidad en la época de sequía, salvo que estén sujetos a riesgo. Tienen una o más de las siguientes características: gilgai, facetas de presión, y estructuras poliédricas entre los 25 a 100 cm de profundidad. El suelo menos dominante es Regosol que es un suelo sin horizontes de diagnóstico. En ocasiones desarrolla horizontes ócrico incipiente.

Las propiedades físicas del suelo impiden o limitan su uso agrícola. La propiedad del suelo es la zona Dúrica, que es una capa superficial fuertemente cementada con sílice, que impide a los fragmentos desintegrarse en el agua, aún y cuando se les satura de humedad. Esta capa dificulta la penetración del agua a las raíces de las plantas.

Hidrología

❖ Hidrología Superficial

No obstante que los recursos hidrológicos del subsuelo han sido hasta ahora la principal fuente de abastecimiento de agua en la región, una parte de la demanda se cubre mediante la utilización de las fuentes superficiales (ríos arroyos, presas y pequeños bordos) que son aprovechados para abastecimiento urbano, riego agrícola y abrevadero de animales de libre pastoreo.

En este apartado se presenta una descripción del marco hidrológico de la región, en la que se identifican las regiones hidrológicas, corrientes fluviales principales, obras hidráulicas y su distribución geográfica, volúmenes de almacenamiento y usos del agua.

A) Regiones Hidrológicas

De acuerdo con el mapa de división hidrológica del Estado de Hidalgo (S.R.H.-1976), el área de estudio queda comprendido en la Región Hidrológica (RH-26) Río Panuco, subcuenca Río de las Avenidas (26B –1c), cuya superficie se extiende de norte a sur desde el parteaguas de la sierra de Pachuca hasta las inmediaciones de Tizayuca y Zumpango en el Estado de México (Figura IV.2.1.2).

Subcuenca río de las Avenidas (26B-1c)

Caracterizada por su hidrología formada por numerosos arroyos de corta longitud, cuyos escurrimientos fluviales contribuyen lateralmente a la recarga subterránea del valle de Pachuca-Tizayuca, donde están alojados la mayoría de los pozos que abastecen de agua a los municipios de estudio y parte del Estado de México.

Las corrientes fluviales que drenan en el Valle de Pachuca- Tizayuca son escasos y de régimen intermitente, ya que solamente llevan agua durante la época de lluvias, entre las cuales se pueden destacar las siguientes: (Mapa IX, Capítulo XIII, sección VIII.1.1 anexos).

Río de las Avenidas

Es una corriente de tipo torrencial que atraviesa de norte a sur el Valle de Pachuca- Tizayuca, su caudal en la época de lluvias es originado de los escurrimientos que se registran desde el lugar denominado Las Ventanas alrededor de la presa El Jaramillo, en la parte alta de la Sierra de Pachuca; ya que durante el periodo de sequías solamente recibe a su paso aguas residuales de los sistemas de drenaje urbano de Pachuca.

Al continuar su trayectoria después de atravesar la ciudad de Pachuca, su caudal es aprovechado una parte para la irrigación de tierras en una superficie de 1199.44 hectáreas, beneficiándose los Ejidos de Venta Prieta, El Venado, San Antonio el Desmonte, Saucillo, La Noria, La Higa, Palma Gorda, Rancho el Popolo, Rancho el Popolito, San Miguel Jaguey de Téllez, Villa de Tezontepec y Rancho Arturo Meneses; que aprovechan las aguas del Río de las Avenidas por medio de canales localizados lateralmente a lo largo de su curso, las excedencias de agua en la época de lluvias son almacenadas en la presa El Manantial al noreste de Tizayuca, o bien su caudal se continúa a la laguna de Zumpango, y esta a su vez descarga al río El Salto a través del Tajo de Nochistongo, para su almacenamiento en la presa Endhó y distribución en el Distrito de Riego 03.

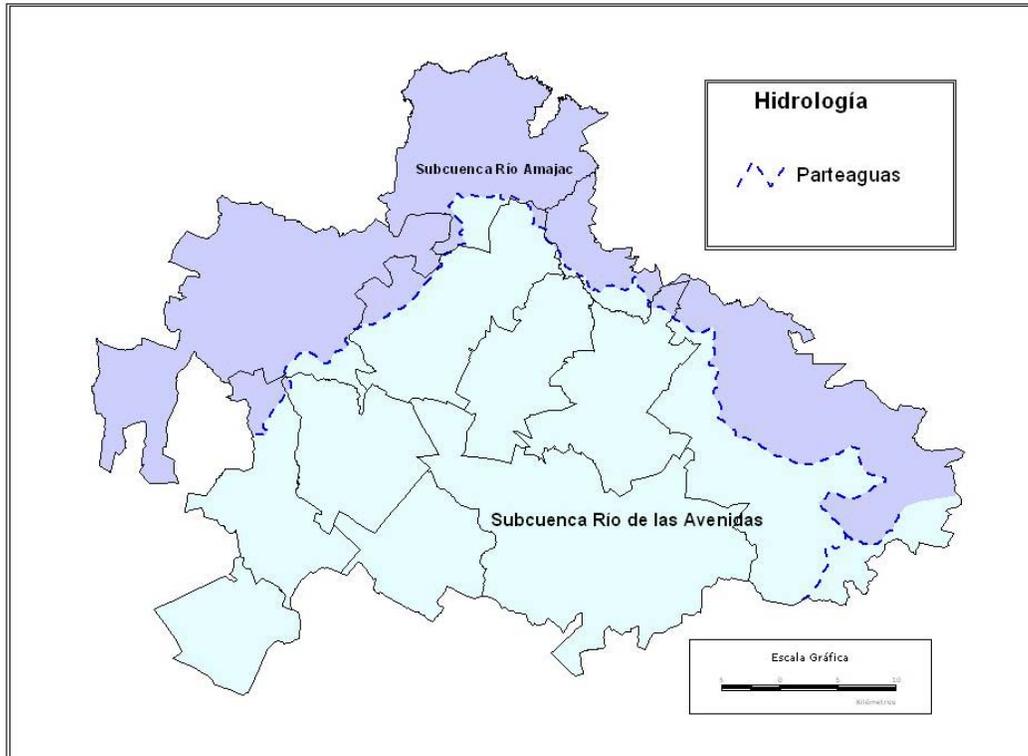
La red hidrológica que lo integra a su inicio en la sierra de Pachuca es de tipo subdendrítico y está formado por varios arroyos erosivos de corta longitud; la morfología de su cauce es

reducida y poco profunda en toda su trayectoria, lo cual podría ocasionar desbordamientos durante la época de lluvias a su paso por las ciudades de Pachuca y Tizayuca.

Su caudal en la época de estiaje proviene solamente de las descargas de aguas residuales urbanas e industriales, cargadas de una gran cantidad de materiales y sustancias contaminantes.

Figura IV.2.1.2 Cuencas Hidrológicas

Fuente: S.R.H. 1976, modificado por los autores a partir de curvas de nivel. INEGI, 1995.



Río Papalote

Es una corriente de régimen intermitente que nace de los escurrimientos pluviales que se registran en las laderas de los cerros Santa Ana y Xihuingo en las inmediaciones de Santo Tomás y Tepeapulco; en su trayectoria atraviesa los poblados de Tlanalapa, San Agustín, Villa de Tezontepec e Ixtlahuaca, hasta su unión con el Río de las Avenidas cerca de la presa El Manantial al oriente de Tizayuca.

La morfología de su cauce es reducida y de poca profundidad, ya que en su recorrido drena en gran parte sobre terrenos de escasa pendiente y materiales geológicos muy compactos de origen ígneo; su caudal en la época de estiaje proviene solamente de las descargas urbanas, establos, granjas avícolas e industrias establecidas a lo largo de su curso.

Para el almacenamiento y aprovechamiento del recurso hidráulico superficial, existen en el Valle de Tizayuca varias presas, pequeños bordos y jagüeyes que en conjunto captan anualmente un volumen considerable de aguas superficiales (Cuadro IV.2.1.8).

Es importante resaltar que por su capacidad y uso, las presas que se encuentran situadas dentro del área de estudio, cumplen un papel importante en su función de riego y control de avenidas, por lo que a continuación se presenta una descripción de sus principales características:

Presa El Manantial

Localización.- Se localiza a 5 km al oriente de la población de Tizayuca en los límites de Hidalgo y Estado de México, entre los paralelos 19° 51´ 12´´ de latitud norte y meridianos 98° 56´ 15´´ de longitud oeste.

Geomorfología.- Se encuentra situada en terrenos ligeramente ondulados a una altitud de 2295 sobre el nivel del mar, cuya litología está formada por derrames de basaltos y depósitos volcanosedimentarios medianamente consolidados.

Datos de construcción - Esta presa fue construida en los años de 1959 a 1960 por la Secretaría de Recursos Hidráulicos y Comisión Nacional del Agua, con la finalidad de almacenar aguas de los ríos Papalote y de Las Avenidas para riego de auxilio, su cortina es de mampostería y tierra compactada con una longitud de 333.23 m, altura de 10 m, ancho de la corona 2.0 m y capacidad de 2 millones de metros cúbicos

Usos del agua. Fue construida para el control de avenidas y riego en una superficie proyectada de 66 Has; actualmente es aprovechada también para abrevadero de animales al libre pastoreo.

Los excedentes de agua en la época de lluvias son muy susceptibles de provocar inundaciones en la ciudad de Tizayuca.

Presa San Isidro

Localización.- Se localiza a 2 km al oriente de la población de Acayuca, municipio de Zapotlán, entre los paralelos 20° 01´ 10´´ de latitud norte y meridianos 98° 49´ 04´´ de longitud oeste, con una altitud de 2343 metros sobre el nivel del mar.

Geomorfología.- Se encuentra ubicada en el valle de Pachuca sobre terrenos de relieve ligeramente inclinados, cuya litología está formada de tobas arenosas medianamente consolidados de la Formación Tarango.

Datos de construcción.- Esta obra hidráulica fue construida durante los años de 1961 a 1965 por la Comisión Nacional del Agua y Secretaría de Agricultura y Ganadería, con el propósito de almacenar las aguas pluviales del arroyo Barranca del Tecolote, su cortina es de tierra compactada y mampostería protegida con enrocado de basalto, tiene una longitud de 780 m, altura de 5 m, ancho de la corona 3.50 m y capacidad proyectada para 0.75 millones de metros cúbicos

Usos del agua.- El volumen de agua que almacena en la época de lluvias es aprovechado para riego de auxilio en una superficie de 66 Has y abrevadero de animales al libre pastoreo.

Presa Huatongo

Localización Se localiza a 1 km al suroeste de la población de Acayuca, municipio de Zapotlán, entre los paralelos 19° 34´ 00´´ de latitud norte y meridianos 98° 54´ 00´´ de longitud oeste, con una altitud de 2400 metros sobre el nivel del mar.

Geomorfología.- Se encuentra en el valle de Pachuca-Tizayuca sobre terrenos ligeramente inclinados, cuya litología superficial consiste de tobas arenosas medianamente consolidados de la Formación Tarango.

Datos de construcción.- Esta obra hidráulica fue construida en los años de 1961 a 1962 por la Secretaría de Agricultura y Ganadería, con el propósito de almacenar agua del arroyo Barranca de los Hondones; su cortina es de tierra compactada y mampostería protegida con enrocado de basalto, la longitud es de 510 m, altura de 8 m, ancho de la corona 5 m y capacidad proyectada para 1.76 millones de metros cúbicos

Usos del agua.- El volumen de agua que capta en la época de lluvias es utilizado para riego de auxilio en una superficie reducida y abrevadero de animales al libre pastoreo, este último afecta en parte la calidad del agua y el ambiente de la presa.

Cuadro IV.2.1.8 Presas ubicadas dentro de la región

Municipio	Nombre de la Presa	Localización	Capacidad de Almacenamiento (Mm ³)	Uso o Beneficio	Superficie de Riego (ha)
Tizayuca	El Manantial	Lat 19° 51´12" Lon 98° 56´15"	2.00	Control de Avenidas y Riego	60
Tolcayuca	La Bóveda		---	Riego	---
Zapotlán de Juárez	Huatongo	Lat 20° 00´33" Lon 98° 51´03"	1.86	Riego	298
Zapotlán de Juárez	San Isidro	Lat 20° 01´10" Lon 98° 49´04"	0.75	Riego	66
Zapotlán de Juárez	San Pedro	Lat 20° 00´15" Lon 98° 52´59"	0.67	Riego	100
Villa de Tezontepec	Tejocote		---	Riego	28
Zempoala	El Progreso	Lat 19° 52´59" Lon 98° 39´48"	0.33	Riego	59
Zempoala	Los Chopos	Lat 19° 55´25" Lon 98° 36´20"	0.20	Abrevadero	N. A

Fuente: CNA- Hidalgo. Inventario de Presas. 2001

Nota.- La información faltante dentro de la tabla aún se encuentra en proceso de actualización en el Censo de Presas del Estado de Hidalgo.

N.A = No Aplica.

Calidad del Agua Superficial

La calidad del agua superficial para sus distintos usos debe monitorearse de manera permanente, ya que la presencia de diversos contaminantes provoca eutrofización, malos olores, muerte de organismos acuáticos y terrestres, salinización de los suelos, entre otros.

Por lo anterior, deben observarse el cumplimiento de los criterios ecológicos de la calidad del agua, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 13 de diciembre de 1989.

En el Valle de Tizayuca, la Comisión Nacional del Agua opera una estación de monitoreo de la calidad del agua sobre el río de las Avenidas, el cual, conduce las aguas residuales de la ciudad de Pachuca; la información es escasa, sin embargo de acuerdo a la Red de Monitoreo en

Hidalgo, el río de las Avenidas es uno de los dos causas del Estado con mayor nivel de contaminación (20% ICA), ya que como se ha mencionado, es receptor de la mayor parte de aguas residuales de la Zona Urbana de Pachuca.

Derivado de lo anterior se desprende la necesidad de contar con programas y líneas de acción que permitan proteger, controlar, reducir y en su caso, restaurar la calidad de cuerpos de agua que ya se encuentren en algún nivel de deterioro.

Hidrología Subterránea

El acuífero de Cuautitlán-Pachuca se encuentra localizado hacia el norte de la Ciudad de México y en el límite del sureste del Estado de Hidalgo, comprendiendo alrededor de un 10% de su superficie total al Estado de México. El acuífero cubre una superficie aproximada de 2 850 km².

La región que conforma el acuífero comprende a los Estados de México e Hidalgo resaltándose para este último, los municipios más importantes en función a su número de habitantes como: Pachuca, Tizayuca, Mineral de Reforma y Zempoala. Los municipios de Villa de Tezontepec, Tolcayuca y Zapotlán de Juárez también quedan comprendidos dentro de este acuífero (C.N.A. 2002).

Esta región está ubicada en la zona de veda denominada cuenca del valle de México, decretada el 10 de agosto de 1954.

A) Subcuenca del río de las Avenidas

Comprende parcial o totalmente a los municipios de Pachuca, Mineral de la Reforma, Epazoyucan, Singuilucan, Zapotlán de Juárez, Villa de Tezontepec, Zempoala, Tolcayuca y Tizayuca; de manera hidrogeológica se ubica en la parte norte del acuífero Cuautitlán-Pachuca.

Por el marco geológico regional y la información litológica obtenida con las perforaciones de pozos profundos en la planicie situada entre Tizayuca y Pachuca se ha definido la presencia de un acuífero de más de 1,500 m de espesor de tipo libre constituido por material ígneo fracturado y material granular (piroclastos, gravas, arenas, limos y arcillas), que presenta un grado de conductividad hidráulica alta. Esta condición de alta conductividad hidráulica queda de manifiesto al presentarse en la región una baja densidad de drenaje superficial, indicando infiltración del agua al subsuelo. El basamento geohidrológico del acuífero está constituido por calizas del Cretácico y sus fronteras laterales son las rocas volcánicas más antiguas que forman las sierras circundantes.

En la planicie hay tres sistemas de flujo regional (Ariel Consultores, 1999), que permiten identificar las aportaciones de las zonas de recarga a los acuíferos de la planicie:

Sistema sureste

Identificado en la zona Temascalapa-Tezontepec-Télez, cuya zona de recarga se localiza en la subcuenca de Apan. El agua subterránea circula por un medio volcánico fracturado, principalmente.

Sistema noroeste

Localizado en la zona Tolcayuca, ubicándose su zona de recarga en la sierra de Tolcayuca. Este sistema de flujo circula tanto en medio volcánico fracturado como granular de origen volcánico y sedimentario.

Sistema norte

Localizado en la zona de Mineral del Monte-Pachuca, caracterizado por su termalismo y mayor concentración de sales. El agua subterránea se desplaza en medio volcánico fracturado.

Desde luego la recarga principal proviene de la zona de Apan; además, el acuífero presenta una salida natural hacia al sur a la altura de la ciudad de Tizayuca.

Las propiedades hidrodinámicas del acuífero son: transmisividad (T) entre 0.119 y 83.60×10^{-3} m²/s, conductividad hidráulica (K) de 1.1 a 3.4 m/día y el rendimiento específico de 0.04 a 0.008 litro por segundo por metro de abatimiento (Ariel Consultores, 1999).

La dirección de flujo del agua subterránea (en el plano horizontal) es del noreste al suroeste a lo largo del Valle de Pachuca-Tizayuca, la profundidad al nivel estático llega a ser superior a 100 m hacia la zona noroccidental (Matilde Zaca calco) y oriental (Temazcalapa-Tezontepec); mientras que en zona la Higa-Estación Téllez es menor a 50 m, se le ha estimado una porosidad efectiva de 0.03 (Carrillo y Cardona, 1997), con una recarga media anual en 24 Mm³ para el periodo 1984-1991, el coeficiente de infiltración de 0.11 y el abatimiento medio de 0.71 m/año (Ariel Consultores, 2000).

Las estructuras de las partes altas por su naturaleza (presentan derrames sobrepuestos), y por presentar gran cantidad de fallas y fracturas tienen una conductividad hidráulica variable, lo que repercute en los volúmenes de recarga que recibe el acuífero desde estas zonas.

B) Aprovechamiento de las aguas subterráneas

De acuerdo al estudio realizado por la C.N.A se registran 1 038 aprovechamientos para todo el acuífero, de los cuales 386 son utilizados para fines agrícolas, 371 público urbano, 96 doméstico, 77 pecuario, 73 industrial, 18 comercial y servicios, 9 recreativo y 8 en la generación de energía eléctrica; con los cuales, se explota un volumen del orden de 483'328,084 Mm³/año. Del volumen extraído 52'620,979 Mm³/año son utilizados para fines agrícolas, 400'408,743 Mm³/año es para uso público urbano, 4.02 Mm³/año para uso doméstico, 13'969,999 Mm³/año para uso industrial, 3'473,262 Mm³/año para uso pecuario, 1'087,092 Mm³/año para uso recreativo, 2'574,092 Mm³/año para uso comercial o servicios y los restantes 5'173,915 Mm³/año se utilizan en la generación de energía eléctrica.

El acuífero presenta actualmente un descenso en los niveles piezométricos aunque en forma moderada; los abatimientos máximos se observan en la parte correspondiente a los pozos que alimentan el acueducto Pachuca – Tizayuca, aunque en promedio en la zona se puede decir que son del orden del 0.5m/año.

La mayor parte del aprovechamiento de los recursos hídricos, se hace básicamente de las aguas subterráneas (más del 95%), la parte restante proviene de aguas superficiales (operación de presas pequeñas). La Comisión de Agua y Alcantarillado de Sistemas Intermunicipales (CAASIM), es la encargada de dotar el agua para uso público urbano en gran parte del área de estudio, beneficiando a 25,782 habitantes de los 5 municipios del Valle de Tizayuca que están

dentro del acuífero, los 74,607 habitantes restantes son atendidos por organismos operadores municipales (Cuadro IV.2.1.9).

C) Calidad del agua subterránea

De acuerdo a los estudios realizados por la C.N.A en 1991, los resultados de los análisis físico-químicos y de los parámetros especiales (**Li, NO₃, Hi, F**) se estableció que dichos elementos se encuentran dentro de los rangos permisibles, indicando que su calidad califica como buena. Sin embargo, cabe hacer mención que no se contó con información más detallada que permita determinar si han existido cambios importantes con respecto a la calidad del agua de dicho acuífero.

Asimismo, la calidad del agua del acuífero debe observar primeramente los Criterios Ecológicos ya establecidos para sus diferentes usos, para posteriormente cumplir con la NOM-127-SSA1-1994 que se refiere a su uso como fuente de abastecimiento de agua potable.

Cuadro IV.2.1.9 Población atendida por CAASIM

Municipio	Usuarios	Población total*
Villa de Tezontepec	1,115	8,982
Tizayuca	0	46,344
Tolcayuca	0	5,659
Zapotlán de Juárez	14,827	14,888
Zempoala	9,840	24,516

Fuente: INEGI, 2000a.

En cuanto al número de pozos existentes dentro de la Región del Valle Pachuca- Tizayuca, se reportaron para el año de 1991 la existencia de 66 pozos con una extracción aproximada de 41.5 hm³ anuales, para 1997 se reportaron 106 pozos profundos, de los cuales más de la mitad están clasificados dentro del uso municipal, con una profundidad comprendida entre 100 y 399 metros y un caudal de producción que variaba de 4 a 84 lps; los niveles dinámicos se localizaron entre 42 y 140 metros. Actualmente los volúmenes de agua extraídos dentro del Valle son del orden de 97.8 hm³/año, esta extracción se realiza a través de 133 pozos. El uso principal que se le da al agua subterránea extraída es el público urbano; 105 pozos extraen un volumen del orden de 95.1 hm³/año, siendo 64.5 hm³/año para abastecer al estado de Hidalgo y 30.6 hm³/año se exportan al Estado de México y al Distrito Federal. El volumen de agua extraído restante es para uso agrícola e industrial, siendo utilizado una mínima parte para uso doméstico, comercial y servicios (Cuadro IV.2.1.10).

Es importante mencionar que la región de estudio comprende 83 pozos de los cuales su principal uso es el público urbano.

Cuadro IV.2.1.10 Extracciones de agua en la Región del Valle Pachuca- Tizayuca

Uso	Aprovechamientos	Volumen de extracción (hm ³ /año)
Agrícola	20	1.4
Comercial y de Servicios	1	0.1
Doméstico	3	0.2
Industrial	4	1.0
Público urbano	105	95.1
Totales	133	97.8

Fuente: CNA y CAASIM (documento inédito)

D) Condiciones piezométricas

La extracción de agua subterránea se incremento notablemente a partir de la perforación y operación del ramal Tizayuca-Pachuca, construido a finales de los años 70's.

Los niveles estáticos de la Región del Valle Pachuca- Tizayuca han sido observados desde los años 70's a través de pozos piloto distribuidos en ella, la profundidad del nivel estático en 1998 oscilaba entre 70 y 125 m, siendo la profundidad media del orden de 100 m.

Las extracciones de agua subterránea han variado a través del tiempo en forma importante, provocando un cambio en el comportamiento del acuífero, de acuerdo a estudios realizados en el período julio de 1984 a julio de 1991, se registro que el acuífero presenta abatimientos generalizados, considerándose muy significativos los registros de 10 m y que corresponden al área de influencia del bombeo de los pozos de los sistemas Téllez y Tizayuca, en tanto que hacia su periferia disminuyen hasta 2 m. Los abatimientos en la parte noreste se encuentran alrededor de 25 m, mientras que en el extremo sur del área de estudio el nivel se abate entre 5

y 15 m. Finalmente en la porción centro-meridional, los abatimientos son de 2 y 10 m. De acuerdo a un estudio hecho por C.N.A, 1999 se obtuvo que el abatimiento promedio anual en el lapso de 1972 a 1998 es de 2.1 m/año (C.N.A. 2002).

IV.2.2 Medio Biótico.

Flora

El área de estudio, pertenece al Reino Neotropical, que comprende las porciones de clima caliente y las de clima seco y semiseco. Dentro del Reino Neotropical, se encuentre la Región Xerofítica Mexicana, que corresponde en general a grandes extensiones del norte y centro de la República caracterizadas por un clima árido y semiárido. De acuerdo con la clasificación de Rzedowski, 1981 en la zona de estudio, se registro como tipo de vegetación, el Matorral Xerófilo, el cual ocupa el 40% de la superficie del país y por consiguiente es el más vasto de todos los tipos de vegetación de México. También existe dentro de la vegetación primaria existente de la región del Valle de Tizayuca, el bosque de encino, aunque en menor proporción que el matorral xerófilo arriba mencionado, a continuación se describen ambos tipos de vegetación:

♦ **Matorral xerófilo**

En los municipios de Zempoala y Tolcayuca, se encuentra este tipo de vegetación, además incluye comunidades arbustivas de áreas semiáridas que se desarrollan entre 2,250 y 2,700 m de altitud. Algunos estudios reconocen otros tipos o subtipos para estas comunidades, sin embargo en la zona de estudio se presenta un continuo difícil de separar.

Las plantas de estas comunidades tienen diversas adaptaciones a condiciones que limitan la disponibilidad de agua como: tallos suculentos, hojas suculentas, hojas muy pequeñas, espinas o ausencia de hojas. Hacia las partes más bajas en el matorral xerófilo encontramos las siguientes especies:

<i>Acacia schaffnerii</i>	(huizache)
<i>Dalea bicolor</i>	(engordacabra)
<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	(uña de gato)
<i>Opuntia imbricata</i>	(cardón)
<i>Opuntia pallida</i>	
<i>Opuntia robusta</i>	(nopal camueso, nopal tapón)
<i>Opuntia streptacantha</i>	(nopal cardón)
<i>Opuntia sp.</i>	(nopal)
<i>Opuntia sp.</i>	(nopal)
<i>Schinus molle</i>	(pirú, pirul)
<i>Yucca filifera</i>	(izote, palma)
<i>Zaluzania augusta</i>	(cenicilla)

De las especies mencionadas, se destaca la presencia de varias especies de *Opuntia*, de *Schinus molle* y la abundancia de *Zaluzania augusta* en algunas partes. El pirul es una planta

naturalizada, es abundante en algunas zonas de cultivo y aparentemente se manifiesta como invasora de las partes bajas del matorral xerófilo.

En superficies muy pequeñas, dentro de laderas pedregosas encontramos lo que podría considerarse un matorral rosetófilo. Este es un matorral bajo y denso donde predominan la lechuguilla y la guapilla y en el que se presentan:

<i>Agave lechuguilla</i>	(lechuguilla)
<i>Agave sp.</i>	(maguey)
<i>Dasyllirion acrotriche</i>	(cucharilla)
<i>Hechtia podantha</i>	(guapilla)
<i>Jatropha dioica</i>	(sangregrado)
<i>Montanoa tomentosa</i>	(zoapatle)
<i>Opuntia streptacantha</i>	(nopal cardón)
<i>Senecio praecox</i>	(palo loco)

Hacia partes más altas (2,500 m) el matorral xerófilo incluye como elementos más sobresalientes a:

<i>Agave sp.</i>	(maguey)
<i>Dasyllirion acrotriche</i>	(cucharilla)
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	(palo dulce)
<i>Montanoa tomentosa</i>	(zoapatle)
<i>Nolina parviflora</i>	(nolina)
<i>Opuntia streptacantha</i>	(nopal cardón)
<i>Viguiera trachyphylla</i>	
<i>Yuca filifera</i>	(izote, palma)

Otros arbustos más bajos son:

<i>Asclepias linaria</i>	
<i>Bouvardia ternifolia</i>	
<i>Jatropha dioica</i>	(sangregrado)
<i>Justicia caudata</i>	
<i>Loeselia mexicana</i>	(espinosilla)
<i>Salvia melissodora</i>	(mirto)

El matorral se encuentra muy alterado por actividades como el pastoreo, manifestándose muy abierto y con pastizal, donde se citan las siguientes especies:

Agrostis sp.
Allium glandulosum
Aristida sp.
Bouteloua gracilis
Bouteloua sp.
Buchloe dactyloides
Buchlomimus nervatus
Hilaria cenchroides
Leptochloa dubia
Lycurus sp.
Muhlenbergia rigida
Stipa constricta
Ferocactus latispinus
Mammillaria magnimamma

En áreas pedregosas frecuentemente encontramos un helecho terrestre (*Notholaena sp.*) en el estrato herbáceo junto con otras especies.

Los sitios que presentan mejor estado de conservación, se encuentran en el municipio de Zempoala en partes de la Sierra de Pitos y en la Sierrita que incluye el cerro Las Tetillas.

Las causas de su mejor conservación residen en que se encuentran en zonas muy pedregosas y/o con pendientes fuertes. Los factores de disturbio más sobresalientes son el pastoreo y otras actividades (caminos, extracción de leña y materiales para construcción, etc.) asociadas a la cercanía de asentamientos humanos.

Diversas plantas son indicadoras de disturbio o son favorecidas por éste. Entre ellas están las que forman parte de los pastizales, citadas arriba. Una gramínea exótica, *Pennisetum villosum*, empieza a invadir partes bajas de los matorrales xerófilos. Hacia las partes bajas y planas, *Opuntia pallida* que es escasa en los matorrales poco alterados, se vuelve abundante cuando el disturbio es intenso o cuando ha desaparecido la comunidad primaria. Otra gramínea exótica, *Pennisetum clandestinum*, aunque no invade los matorrales xerófilos, se encuentra a orillas de caminos, campos de cultivo y asentamientos humanos dentro de las áreas naturales de esta comunidad vegetal.

Bosque de encino

Este tipo de bosque se caracteriza por encontrarse siempre alrededor de los 2,500 hasta los 3,000 m de altitud. Son bosques abiertos o cerrados con un estrato arbóreo que puede tener entre 5 y 15 m de altura, a veces hasta 25 m. Los árboles casi siempre son simpódicos, caducifolios o perennifolios, de hojas anchas y frecuentemente coriáceas. En el área de estudio se presentan muchas variantes de esta comunidad, dispersas en varios municipios, en total ocupan una superficie total de 147 905 031 metros cuadrados.

En la Sierra de Tezontlalpan, que comprende parte de los municipios de Zapotlán y Tolcayuca, se encuentra a 2,700 m de altitud un bosque de encino dominado por *Quercus rugosa* (encino hoja ancha). Es más común que se presenten dos o más especies dominantes, como sucede en la Sierra de los Pitos a 2,630 m de altitud, donde se encuentra a *Quercus frutex* (encino chaparro), *Q. microphylla* (encino) y *Quercus* sp. formando un estrato de 5-6 m de alto. Aquí hay los siguientes arbustos:

<i>Agave</i> sp.	(maguey)
<i>Amelanchier denticulata</i>	(membrillo cimarrón, tlaxioqui)
<i>Arctostaphylos pungens</i>	(manzanita, pingüica)
<i>Buddleia cordata</i>	(tepozán)
<i>Dasyllirion acrotriche</i>	(cucharilla)
<i>Echeveria coccinea</i>	(siempreviva)
<i>Opuntia</i> sp.	(nopal)
<i>Quercus frutex</i>	(encino chaparro)
<i>Salvia elegans</i>	(mirto)
<i>Senecio praecox</i>	(palo loco)

También en esta comunidad se presenta la abundancia de las pequeñas bromeliáceas epífitas *Tillandsia recurvata* (heno pequeño) y *T. usneoides* (heno) sobre los arbolitos y algunos arbustos.

En el área de estudio se observa la presencia de bosques relictuales, con superficies muy pequeñas, con comunidades alteradas. En particular en la Sierra de los Pitos el bosque de encino está bien conservado en su mayor parte, pero grandemente amenazado por las actividades antropogénicas.

El resto de la zona montañosa esta compuesta por pastizal inducido que esta constituido por especies de pastos como *Asistida* sp y *Muhlenbergia rígida*, y también por especies de diferentes géneros como son: *Stevia* sp, *Mimosa biuncifera*, *Mimosa lacetera*, *Dalea* sp, entre otros.

En las áreas adyacentes al Valle de Tizayuca, se pueden localizar otros tipos de vegetación, como el bosque de oyamel el cual en su mayor parte esta confinado al municipio de Mineral del Chico y el Bosque del Hiloche; bosque de pino, el cual es un bosque semicerrado, ubicado principalmente al noreste del Valle de Tizayuca en el municipio de Singuilucan, al igual que el bosque de pino-encino, que también se presenta de manera aislada en la parte norte del municipio de Epazoyucan; matorral de encino el cual esta asociado a los bosques de pino-encino presentes en Singuilucan y bosque de táscate el cual se encuentra en forma de manchones aislados a lo largo de la sierra de Pachuca ocupando áreas que antes fueron bosques de encino o de pino-encino.

En cuanto al área establecida para la construcción del proyecto, se puede observar que se encuentra impactada y modificada totalmente en cuanto a su flora nativa se refiere, ya que dicha área esta destinada a las actividades agrícolas desde hace muchos años (el cultivo predominante es la cebada), la vegetación actual en dicho sitio se conforma de vegetación

exótica propia de la agricultura de temporal, así como pastizal inducido; la vegetación original que aún existe en la región, se ubica en zonas de influencia del proyecto y tiene diversos grados de disturbio, más no así dentro del área del proyecto.

Especies en riesgo

En cuanto a la flora del Valle de Tizayuca, únicamente se localizaron 2 especies consideradas bajo alguna categoría de riesgo por la NOM-059-SEMARNAT-2001, y dentro del predio destinado para la construcción del proyecto de Aeropuerto Metropolitano de México, no se detecto a ninguna especie bajo algún estatus definido en la norma arriba señalada. (Cuadro IV.2.2.1).

Cuadro IV.2.2.1 Especies vegetales consideradas en la NOM-059-SEMARNAT-2001

Familia	Especie	Nombre común	Categoría	Distribución
Nolinaceae	<i>Dasyilirion acrotriche</i> (Schiede) Zucc.	Cucharilla	A	Zp, ZJ, To, Vt
Cactaceae	<i>Stenocactus</i> <i>coptonogonus</i> (Lem.) A. Berger	S.D	Pr	Zp

Notas: Tizayuca = Tz; Tolcayuca = To; Zapotlán de Juárez = Zj; Villa de Tezontepec = Vt; Zempoala = Zp
Categorías: A= amenazada, Pr=Sujeta a protección especial P= Peligro de extinción S.D= Sin Definir

Usos de la vegetación en la zona

Para el caso de las especies vegetales, se puede dar cuenta de una gran tradición cultural, continuada a través de la historia de los grupos étnicos que existen en las zonas de mayor diversidad florística del estado: la Huasteca, la sierra y el Valle del Mezquital. Al igual que la diversidad de formas biológicas, los usos que tienen los vegetales, abarcan desde los alimenticios, medicinales, energéticos (leña), artesanales, e incluso hasta los industriales.

En cuanto al aprovechamiento de la vegetación de la zona, los bosques de encino son los más explotados, sin embargo es a escala local y no industrial. Este hecho se debe principalmente a que la mayor parte de los bosques de *Quercus* esta formada por árboles bajos y con troncos más bien delgados. Además los encinos son de crecimiento relativamente lento y los que alcanzan mayores tamaños tampoco se utilizan mucho, entre otras razones por la inaccesibilidad del terreno, porque no se conocen bien las características de su madera o porque se ignoran las técnicas para su debido secado. Localmente la madera de *Quercus crasifolia* y *Quercus laurina* se emplea para construcciones, muebles, postes y tiene otros muchos usos, pero más que nada como combustible, bien sea directamente, o bien transformada en carbón, cuyo uso tiene profundo arraigo y tradición. Grandes extensiones de encinares mexicanos se han consumido debido a la explotación desmedida para la obtención de carbón vegetal, sobre todo en el siglo pasado y aunque parece que en las últimas décadas la demanda ha disminuido debido al uso frecuente de otros combustibles, en algunas partes la devastación sigue en su auge.

La corteza de muchos *Quercus* y las agallas que forman algunas de sus hojas para alojar huevecillos y larvas de ciertos insectos himenópteros, son ricas en taninos y se utilizan en la curtiduría. Con los frutos (bellotas) se alimentan a menudo a los cerdos.

Extensas superficies de terrenos cubiertas por encinares se emplean para la agricultura. Los cultivos más frecuentes en estas áreas son maíz, cebada, trigo y la avena.

Fauna

La riqueza faunística de Hidalgo, como la del país se encuentra seriamente amenazada como consecuencia de una aguda crisis ecológica, generada por los modelos agropecuarios y extractivos de producción que se rigen por criterios de rentabilidad a corto plazo, así como la explosión demográfica y su consecuente desarrollo industrial, la pérdida de los recursos naturales (flora, agua, suelo, etc.) y los cambios climáticos locales y regionales que inducen a cambios; enfocándose a retomar prácticas tradicionales de manejo como punto de partida para el diseño de sistemas alternativos que sean ecológicamente adecuados.

La fauna de esta zona está determinada por factores abióticos, bióticos e históricos. Entre los abióticos más relevantes están el clima y la composición del suelo. El clima, por ejemplo, determina la disponibilidad de agua y la aparición de componentes importantes de los nichos ecológicos que usarán los animales; por su parte, la composición del suelo determina la disponibilidad de nutrientes y tipo de plantas que estarán presentes. Entre los factores bióticos que determinan la fauna de un lugar destaca la presencia de otras especies en la zona (por ejemplo plantas asociadas a un tipo de vegetación), la interacción con estas especies (e.g., herbivoría, depredación, competencia, parasitismo, mutualismo) y la interacción con sus recursos alimenticios.

Por último, los efectos históricos en la fauna de un lugar pueden ser divididos en efectos naturales y humanos. Los efectos naturales tienen que ver con los procesos geológicos (como la tectónica de placas) que han determinado la presencia de una especie en el sitio, y los efectos humanos tienen que ver con el uso que se le hemos dado a las especies o a su medio ambiente. En tiempos recientes el efecto de la actividad humana ha llegado a ser un factor importante que determina la presencia de una especie en un lugar.

Esto es debido a que las actividades humanas como caza, tala, uso del agua, ganadería, agricultura e industria tienen un efecto sobre las especies de fauna presentes en el sitio en que se realizan. De esta forma, al determinar la fauna presente en un sitio es factible intuir el efecto que las actividades humanas han tenido en ella, y por lo tanto determinar el grado de conservación de la zona estudiada.

De acuerdo al Modelo de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Valle Pachuca-Tizayuca, se observa que la fauna se encuentra asociada a dos tipos de vegetación nativa en el Valle de Tizayuca, dos tipos de vegetación inducidos (IV y V) y a otros tipos de vegetación nativa de las zonas contiguas del área de estudio. Estos tipos de vegetación son (ver mapa X, Capítulo VIII, sección VIII.1.):

- I. Matorral xerófilo
- II. Bosque de encino

III. Matorral de encino

IV. Pastizal

V. Áreas de cultivo

Sierra de Pitos

Coleóptera

Los grupos que se presentan en esta área, son: Alleculidae sp., *Acmeoedera flavomarginata*, *A. cuprina*, *Thrincopyge alacris* (Buprestidae), Othniidae y Phengodidae sp. La especie de Erotylidae colectada es un registro relevante, ya que vive asociada a hongos macroscópicos de ambientes muy húmedos. Las especies de Coleoptera que se reportan en esta zona son: *Acmeoedera flavomarginata*, *A. cuprina*, Aleocharinae sp.1, Aleocharinae sp.2, Aleocharinae sp.4, Aleocharinae sp.5, Aleocharinae sp.7, Alleculidae sp., Cantharidae sp., Carabidae sp. 1, Carabidae sp. 2, Carabidae sp. 7, *Calligrapha* sp., Cassidinae sp., Cassidinae sp. 1, Cassidinae sp. 2, Cerambycidae sp. 1, Cerambycidae sp. 2, Cleridae sp., *Coccinella* sp., Coccinellidae sp., Curculionidae sp. 1, Curculionidae sp. 7, Curculionidae sp. 8, Chrysomelinae sp., Chrysomelinae sp. 1, Chrysomelinae sp. 3, Chrysomelinae sp. 4, Dryophthoridae sp. 1, Dryophthoridae sp. 2, Erotylidae sp., *Euphoria basalis*, *Geotrupes* sp., *Lordithon* aff. *nubicola*, *Megarthus* sp., Melyridae sp. 1, Melyridae sp. 2, Melyridae sp. 3, *Neohypnus* sp. 2, *Neoxantholinus* sp., *Nicrophorus mexicanus*, *Onthophagus* sp. 1, *Onthophagus* sp. 2, Othniidae sp., Paederinae sp. 1, *Philonthus* sp. 2, *Plusiotis adelaida*, Scolitynae sp.1, Scolitynae sp.2, Scolitynae sp.3, *Stenocrates* sp., *Tachinomorphus* sp., *Temnochila* sp., Tenebrionidae sp. 1, Tenebrionidae sp.2, Tenebrionidae sp.3, Tenebrionidae sp. 4, Tenebrionidae sp. 5, *Thrincopyge alacris* (Buprestidae), *Xylorictes* sp., Coleoptera sp. 1, Coleoptera sp. 2, Coleoptera sp. 3, Coleoptera sp. 11 y Coleoptera sp. 12.

Reptiles y anfibios

Considerando a estas especies la zona puede ser catalogada como "muy perturbada". Este resultado se alcanza debido a que en esta zona se registraron especies de amplia distribución que siempre están presentes en ambientes perturbados. Este es el caso de *Sceloporus grammicus* (lagartija). Además, la presencia del pelobátido *Spea multiplicatus* (ranita) indica la contaminación del ambiente acuático. En esta zona se reportan 11 especies de las cuales aparece *S. grammicus* como una especie considerada en la NOM-059-SEMARNAT-2001 bajo protección especial (Cuadro IV.2.2.2).

Aves

Considerando a estas especies la zona puede ser catalogada como "bien conservada" o "muy perturbada", dependiendo de las áreas que se visitan. Por ejemplo, lo que es estrictamente la "Sierra de Pitos" (una elevación orográfica en el centro de la zona) es un área muy "bien conservada", mientras que las regiones bajas, usadas para cultivos, granjas avícolas, y minas a cielo abierto, están "muy perturbadas". En esta zona se registran 36 especies de aves (Cuadro IV.2.2.3). Las especies representativas del área "bien conservada" son *Aphelocoma coerulescens*, *Archilochus colubris*, *Calothorax lucifer*, *Columbina* sp., *Empidonax* sp., *Pipilo fuscus*, *Selasphorus rufus* y *Toxostoma ocellatum*. Las especies comunes de las áreas perturbadas son *Archilochus colubris*, *Cyananthus latirostris*, *Carduelis psaltria*, *Hyundo pyrrhonota*, *Lanius ludovicianus*, *Carpodacus mexicanus* y *Toxostoma* sp. No se observa ninguna especie considerada en la NOM-059-SEMARNAT-2001.

Mamíferos

Considerando a esta clase la zona puede ser catalogada como "bien conservada". Dentro de ella se encuentran poblaciones de una especie endémica de rata canguro (*Dipodomys phillipsii*) y varias especies de mamíferos medianos (<2 Kg), como la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) y conejo (*Sylvilagus floridianus*). El área montañosa de esta zona, conocida estrictamente como "Sierra de Pitos" tiene buen estado de conservación, no así las áreas bajas a su alrededor. La "Sierra de Pitos" es quizá el área, dentro de los límites del Valle de Tizayuca, que tiene mayor riesgo de perder su buen estado de conservación. Esto es debido principalmente a la actividad minera que se desarrolla dentro de la misma. En los lugares donde se desarrolla la minería, la cobertura vegetal se pierde totalmente, ya que para hacer la extracción es necesario abrir minas a cielo abierto. Al desaparecer la vegetación original, desaparece también la mastozofauna asociada a ella. Se reportan 22 especies, de las que sólo se registra a *Dipodomys phillipsii* considerada en la NOM-059-SEMARNAT-2001 como endémica y amenazada (Cuadro IV.2.2.4).

Occidental

Reptiles y anfibios

Considerando a estas especies la zona puede ser catalogada como "conservada". En total se reportan siete especies (Cuadro IV.2.2.2). En esta zona se tienen registros de la especie *Pituophis deppei*, que es una serpiente que habita en la zona, además de presentarse la salamandra *Ambystoma tigrirum*, lo que hace al lugar relevante, ya que estas salamandras están en peligro de extinción según la legislación mexicana. Cuatro especies registradas en esta zona están consideradas en la NOM-059-SEMARNAT-2001 bajo el estatus de protección especial o amenazada. Estas especies son: *Ambystoma tigrirum*, *Pituophis deppei*, *Sceloporus grammicus* y *Thamnophis* sp.

Aves

En esta zona se reportan 11 especies de aves (Cuadro IV.2.2.3). Las especies representativas de esta zona se consideran como de áreas perturbadas registrándose: *Carduelis psaltria*, *Cyanocompsa parellina*, *Cyananthus latirostris*, *Guiraca caerulea*, *Pyrocephalus rubinus* y *Zenaida asiática*. No se tienen datos de alguna especie ubicada dentro de la NOM-059-SEMARNAT- 2001.

Mamíferos

Se observaron 22 especies de mamíferos, en esta zona catalogada como "muy perturbada" por actividades humanas. En su mayor parte el área está ocupada por campos de cultivo, existiendo sólo fragmentos pequeños de vegetación original, y estos se encuentran aislados, lo que dificulta la existencia de poblaciones viables de especies de mamíferos medianos. La única especie de mamífero registrada en esta zona que está considerada en la NOM-059-SEMARNAT-2001 fue el ratón *Dipodomys phillipsii* (Cuadro IV.2.2.4).

Central

Zona donde se ubica el proyecto del Aeropuerto Metropolitano de México.

Coleoptera

Considerando a estas especies la zona puede ser catalogada como "perturbada". En esta zona se reportan varias especies asociadas a sitios perturbados, por ejemplo aquellas que frecuentan excremento vacuno o caballar (Staphylinidae: *Aleochara* sp., *Oxytelus* sp., *Philonthus* sp. y *Tachinomorphus* sp.), especies que consumen flores cercanas a cultivos o de plantas cultivadas (e.g., Familias Cantharidae, y especies de Chrysomelidae, Coccinelidae, Curculionidae y

Dryophthoridae; en el último caso un ejemplo es *Scyphophorus accupunctatus*). Por otro lado, se tienen registros de coleópteros acuáticos (e.g., Dytiscidae sp. 1 y 2, Hydrophilidae sp. Las especies de coleópteros que también se reportan en la zona son: *Aleochara* sp., *Apion* sp., *Belonuchus ephippiatus* (Say), Cantharidae sp., *Calligrapha* sp., Carabidae sp. 3, Cassidinae sp. 1, Cassidinae sp. 2, Cerambycidae sp. 2, Curculionidae sp. 4, Curculionidae sp. 5, Curculionidae sp. 6, Chrysomelidae sp. 5, Chrysomelidae sp. 6, Chrysomelidae sp. 8, Chrysomelinae sp. 5, Dytiscidae sp. 1, Dytiscidae sp. 2, Hydrophilidae sp., Lispinae sp., Meloidae sp., Melyridae sp., *Oxytelus* sp., *Philonthus* sp. 1, *Philonthus* sp. 2, *Phyllophaga* sp. (Larva), *Photinus* sp. (larva), *Scyphophorus accupunctatus* Glylleshal, *Stenocrates* sp., *Tachinomorphus* sp., Tenebrionidae sp. 2, Tenebrionidae sp. 3, *Xylorictes* sp. (restos), Coleoptera sp. 6 y Coleoptera sp. 13.

Reptiles y anfibios

Solo se registran dos especies (*Barisia imbricata* y *Sceloporus grammicus*) consideradas en la NOM-059-SEMARNAT-2001 bajo protección especial (Cuadro IV.2.2.2).

Aves

Considerando a esta clase, la zona puede ser catalogada como "muy perturbada". En esta zona se registraron trece especies de aves (Cuadro 18). Las especies representativas de la zona son: *Charadrius vociferus* (una especie que usa áreas muy abiertas, y es frecuentemente reportada en aeropuertos; *sensu* Peterson y Chalif 2000), *Pipilo fuscus* y *Zenaida macroura* (un ave común de áreas de cultivos y acahuales). En esta zona no se registró ninguna especie protegida por las leyes mexicanas. La identidad de las especies registradas en la zona puede ser consultada en el Cuadro IV.2.2.3.

Mamíferos

Considerando a este grupo, la zona puede ser catalogada como "muy perturbada". Esta zona tiene características muy similares a la zona Oriental, pues está fuertemente transformada con fines agrícolas. También aquí es difícil que los mamíferos medianos puedan establecer poblaciones viables. De las 22 especies registradas en la zona, la única que está considerada en la NOM-059-SEMARNAT-2001 fue la rata canguro *Dipodomys phillipsii*, bajo protección especial. La identidad de las especies registradas en la zona puede ser consultada en el Cuadro IV.2.2.4.

Laguna de Tecocomulco.

Resulta preponderante hacer mención de la laguna de Tecocomulco, por su riqueza de flora y fauna. Esta se localiza aproximadamente a 50 km al este del Valle de Tizayuca, recientemente ha sido denominada como sitio RAMSAR No. 1322.

Es un relicto del antiguo ecosistema lacustre que predominó en toda la Cuenca de México hasta finales de 1940, cuando se empezó a secar drásticamente. Se le considera como el último humedal relicto en el que se refugian y habitan peces, anfibios y aves acuáticas características de lo que fueron los Lagos del Anáhuac.

Se ubica al este del área proyectada para el aeropuerto multimodal objeto de este estudio, cuenta con una superficie de 1,769 ha y sus coordenadas geográficas son 10° 53' 20" y 19° 50' 08" de Latitud Norte y los paralelos 98° 21' 54" y 98° 25' 44" de Longitud Oeste.

En la laguna se mantienen bien conservadas asociaciones de hidrófitas emergentes, hidrófitas libremente flotantes, hidrófitas de hojas flotantes e hidrófitas sumergidas. Una característica

interesante de la laguna es que se observa un acercamiento o arraigo de diversas especies de aves consideradas migratorias, las cuales están realizando todo su ciclo de vida en este ecosistema.

Otro hecho relevante a nivel de cuenca es que funciona como fuente de abasto de agua que contribuye a la recarga de acuíferos para una gran región del sureste del estado de Hidalgo, dentro del Valle de Tizayuca.

Alberga una rica biodiversidad y una gran cantidad de hábitats; algunas especies en peligro de extinción (Ajolote *Ambystoma mexicanus*, Pato real *Chairina moschata* y la Rana *montezumae*) y otras con el estatus de protegidas (Pato mexicano *Anas diazi*, Pato golondrino *Anas acutatzitzihoa* y el Pato boludo *Caythia affinis*). De acuerdo a la Norma

Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, se determinan las especies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en algún estatus: peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial. En México se cuenta con 197 especies de anfibios y con 371 especies de aves bajo algún estatus de protección, para el caso específico de la Laguna de Tecocomulco 2 de las 197 especies de anfibios se encuentra en status de peligro de extinción y 4 de las 372 especies de aves se encuentran en el estatus de peligro de extinción (1) y de protección (3).

Su importancia estriba en ser un lugar de nidificación, reproducción y paso de gran cantidad de especies de aves acuáticas y terrestres, encontrando más de una decena de aves migratorias provenientes del norte de México, Estados Unidos y Canadá. De acuerdo al documento: Programa Integral de Protección, Conservación, Restauración y Aprovechamiento de la Cuenca de Tecocomulco, elaborado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), 1999, en la Laguna se cuenta con 48 especies de aves terrestres identificadas, pertenecientes a 8 Órdenes y 21 Familias, de las cuales 27 son residentes y 20 son migratorias de invierno y solo una *Hirundo rustica* es migratoria de verano, destacando durante la época migratoria: la garcita blanca dedos amarillos *Egretta tula* y el garzón blanco *Casmerodius albus* con poblaciones de 60 a 200 individuos. Otra familia de aves la constituyen la Anatidae (patos) con 14 especies; de las que más abundan en la época de migración son la cerceta de alas azules *Anas discors* y el pato tepalcate *Oxyura jamaicensis* con poblaciones de 3000 a 5000 individuos.

Principales especies de fauna:

La fauna silvestre que se sabe habita la laguna reporta la presencia de charales *Chirotoma jordani* y carpa *Ciprinus carpio*. Los anfibios que se han identificado son la *Rana montezumae* (con status de protección especial) y la *Rana pipiens*, destaca además *Ambystoma mexicanum* y *Ambystoma tigrinum* (con status de protección especial) que forman parte de la dieta de los pobladores del lugar.

La mayor diversidad faunística, la representan las aves. De un total de 120 especies de aves en la cuenca, 42 especies son acuáticas y 78 son terrestres. De las 42 acuáticas, 29 son migratorias y 13 son residentes. Entre las aves terrestres que habitan en la laguna todo el año están el zanate *Quiscalus mexicanus* y el tordo charretero *Agelaius phoeniceus*.

Otras familias de importancia para la laguna son las aves de la familia Ardeidae (garzas), con 9 especies de las cuales las más abundantes durante la época migratoria son: la garcita blanca

dedos amarillos *Egretta tula* y el garzón blanco *Casmerodius albus* con poblaciones de entre 200 y 60 respectivamente. Otra familia de aves la constituyen la familia Anatidae (patos) con 14 especies, de las que más abundan en la época de migración son la cerceta de alas azules *Anas discors* y el pato tepalcate *Oxyura jamaicensis* con poblaciones de 3000 a 5000 individuos.

Destaca también el pato mexicano *Anas diazi* catalogado por la legislación ambiental (norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001) en estatus de protección. Otras aves de interés cinegético presentes en la laguna son las gallaretas *Fulica americana*, y las gallinas de agua llamadas en esta región como "carmelitas" *Gallinula chloropus* quedurante la época migratoria suman poblaciones de más de 3000 individuos con algunas poblaciones pequeñas que residen en la laguna y que en la época de primavera-verano se reproducen entre los tulares. Entre los mamíferos, encontrados en las áreas circundantes de la laguna, destaca la mangosta o comadreja *Mustela frenata*.

Desde el punto de vista ecológico, de acuerdo a la Evaluación Ambiental Comparativa de 2 sitios considerados para la construcción del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, realizado por la UNAM, existen especies de aves que implican riesgos para la aviación civil en la región del Valle de Tizayuca. En Zapotlán de Juárez hay 9 especies rapaces o canoras y se considera que el área donde se ubicará el Aeropuerto Metropolitano de México es un hábitat atrayente para aves riesgosas, debido a las zonas de cultivo de cebada y maíz principalmente. Sin embargo, esta situación no es extraordinaria en instalaciones aeroportuarias en todo el mundo y hay medidas de manejo, para lo cual primero se deben realizar estudios sobre el comportamiento de las aves con relación al aterrizaje y las trayectorias de aproximación y despegue de los aviones.

Cuadro IV.2.2.2 Listado herpetológico

Familia	Especie	Región			Status NOM-059-SEMARNAT- 2001
		Sierra de Pitos	Occidental	Central	
Anfibios					
Ambystomati dae	<i>Ambystoma tigrinum</i>		X		Pr
Hylidae	<i>Hyla arenicolor</i>	X			
Pelobatidae	<i>Spea multiplicatus</i>	X			
Reptiles					
Teiidae	<i>Aspidoscelis sp.</i>	X		X	
Anguidae	<i>Barisia imbricata</i>	X	X	X	Pr-En
Colubridae	<i>Conopsis lineada</i>	X			

Fuente: Muestreo de campo.

Status: Protección Esp = Pr; Amenazada = A; Endémica= En

Cuadro IV.2.2.2 (continuación) Listado herpetológico.

Familia	Especie	Región			Status NOM-059-SEMARNAT-2001
		Sierra de Pitos	Occidental	Central	
Leptotyphlopidae	<i>Leptotyphlops dulcis</i>			x	
Phrynosomatidae	<i>Phrynosoma orbiculare</i>	X			A-En
Colubridae	<i>Pituophis deppei</i>	x	x		A-En
Phrynosomatidae	<i>Sceloporus grammicus</i>	x	x	x	Pr
Phrynosomatidae	<i>Sceloporus mucronatus</i>	x			
Phrynosomatidae	<i>Sceloporus spinosus r</i>	x	x	x	
Colubridae	<i>Thamnophis sp. r</i>		x		A-En
Emberizidae	<i>Aimophila mystacalis</i>	X			
Corvidae	<i>Aphelocoma coerulescens</i>	X			
Corvidae	<i>Aphelocoma ultramarina</i>		x		
Trochilidae	<i>Archilochus colubris</i>	X			
Trochilidae	<i>Archilochus sp.</i>	X			
Fringillidae	<i>Calamospiza melanocorys</i>	X			

Fuente: Muestreo de campo.

Status: Protección Esp = Pr; Amenazada = A; Endémica = En

Cuadro IV.2.2.3 Listado ornitológico

Familia	Especie	Región			Status NOM-059-SEMARNAT-2001
		Sierra de Pitos	Occidental	Central	
Trochilidae	<i>Calothorax lucifer</i>	X		x	
Fringillidae	<i>Carduelis psaltria</i>	X	x		
Fringillidae	<i>Carpodacus mexicanus</i>	X			
Charadriidae	<i>Charadrius vociferus</i>			x	
Columbidae	<i>Columbina inca</i>	X			
Columbidae	<i>Columbina sp.</i>	X			
Corvidae	<i>Corvus corax</i>		x		
Fringillidae	<i>Cyanocompsa parellina</i>	X			
Trochilidae	<i>Cyananthus latirostris</i>	X			
Tyrannidae	<i>Empidonax sp.</i>	X			
Trochilidae	<i>Eugenes fulgens</i>			x	
Cuculidae	<i>Geococcyx californianus</i>		x		
Fringillidae	<i>Guiraca caerulea</i>	x			
Hirundinidae	<i>Hirundo pyrrhonota</i>	x			
Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i>	x			
Trochilidae	<i>Hylocharis leucotis</i>			x	
Icteridae	<i>Icterus gularis</i>	x			
Icteridae	<i>Icterus parisorum</i>			x	
Icteridae	<i>Icterus sp.</i>	x			
Icteridae	<i>Icterus waglery</i>		x		
Emberizidae	<i>Junco phaenotus</i>		x		
Laniidae	<i>Lanius ludovicianus</i>	x		x	

Fuente: Muestreo de campo. **Status:** Protección Esp = Pr; Amenazada = A; Endémica= En

Cuadro IV.2.2.3 (Continuación) Listado ornitológico

Familia	Especie	Región			Status NOM-059-SEMARNAT- 2001
		Sierra de Pitos	Occidental	Central	
Picidae	<i>Melanerpes aurifrons</i>		x		
Mimidae	<i>Mimus polyglottos</i>	x			
Tyrannidae	<i>Myiarchus</i> sp.	x			
Emberizidae	<i>Passerculus sandwichensis</i>	x			
Ptilonotidae	<i>Phainopepla nitens</i>	x	x		
Emberizidae	<i>Pipilo fuscus</i>	x	x	x	
Sylviidae	<i>Polioptila</i> sp.	x			
Emberizidae	<i>Poocetes gramineus</i>	x			
Ptilonotidae	<i>Ptilonotus cinereus</i>	x			
Tyrannidae	<i>Pyrocephalus rubinus</i>		x		
Trochilidae	<i>Selasphorus platycercus</i>	x		x	
Trochilidae	<i>Selasphorus rufus</i>	x		x	
Trochilidae	<i>Selasphorus sassin</i>	x		x	
Trochilidae	<i>Selasphorus</i> sp.			x	
Emberizidae	<i>Spizella atrogularis</i>	x			
Mimidae	<i>Toxostoma ocellatum</i>	x			
Mimidae	<i>Toxostoma</i> sp.	x		x	
Turdidae	<i>Turdus migratorius</i>	x			
Tyrannidae	<i>Tyrannus</i> sp.	x			
Parulidae	<i>Wilsonia pusilla</i>	x			
Columbidae	<i>Zenaida asiática</i>		x		
Columbidae	<i>Zenaida macroura</i>			x	

Fuente: Muestreo de campo.

Status: Protección Esp = Pr; Amenazada = A; Endémica = En

Cuadro IV.2.2.4 Listado mastozoológico

Familia	Especie	Región			Status NOM-059- SEMARNAT- 2001
		Sierra de Pitos	Occidental	Central	
Procyonidae	<i>Bassariscus astutus</i>	X	x	x	
Canidae	<i>Canis latrans</i>	X	x	x	
Mustelidae	<i>Conepatus mesoleucos</i>	X	x	x	
Heteromyidae	<i>Chaetodipus hispidus</i>	X	x	x	
Heteromyidae	<i>Dipodomys phillipsii</i>	X	x	x	Pr-En
Leporidae	<i>Lepus californicus</i>	X	x	x	
Leporidae	<i>Linx rufus</i>	X	x	x	
Heteromyidae	<i>Liomys irroratus</i>	X	x	x	
Mustelidae	<i>Mephitis macroura</i>	X	x	x	
Mustelidae	<i>Mustela frenata</i>	X	x	x	
Heteromyidae	<i>Perognathus flavescens</i>	X	x	x	
Muridae	<i>Peromyscus difficilis</i>	X	x	x	
Muridae	<i>Peromyscus maniculatus</i>	X	x	x	
Muridae	<i>Peromyscus melanocarpus</i>	X	x	x	
Muridae	<i>Reithrodontomys fulvescens</i>	X	x	x	
Muridae	<i>Sigmodon hispidus</i>	X	x	x	
Sciuridae	<i>Spermophilus variegatus</i>	X	x	x	
Mustelidae	<i>Spilogale putorios</i>	X	x	x	
Phyllostominae	<i>Sturnira ludovici</i>	X	x	x	
Leporidae	<i>Sylvilagus audubonii</i>	X	x	x	
Leporidae	<i>Sylvilagus floridanus</i>	X	x	x	
Canidae	<i>Urocyon cinereoargentus.</i>	X	x	x	

Fuente: Muestreo de campo.

Status: Protección Esp = Pr; Amenazada = A; Endémica= En

IV.2.4 Descripción de la estructura y función del sistema ambiental regional.

El sitio donde se proyecta la construcción del Aeropuerto Metropolitano de México, se asienta en la región del Valle Tizayuca, la cual ha sido profundamente alterada por las actividades antropogénicas y la mayor parte de los componentes que conforman la apariencia actual del paisaje han sido producidos por la mano del hombre.

En forma general, se puede decir que la ubicación del proyecto tiene un clima semiseco templado con verano cálido $BS_1 k' w (w)$, con un cociente P/T (precipitación/temperatura) mayor de 22.9; de régimen térmico templado, de verano fresco (k') con una temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura media del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura media del mes más caliente por debajo de 18°C.

El régimen de lluvias es en verano (w) por lo menos diez veces mayor cantidad de lluvia en el mes más húmedo de la mitad cálida del año que en el mes más seco, y su porcentaje de lluvia invernal es menor al 5% de la total anual ((w)).

En cuanto a las características geológicas y geomorfológicas del área de estudio, se puede apreciar que la zona de estudio se localiza en la porción centro-meridional del Estado de Hidalgo y comprende planicies de edad plioceno-cuaternarias, las cuales son de origen aluvial y lacustre, ligeramente inclinadas (pendiente poco mayor al 1%). Dentro del predio no existen fallas ni fracturas y las más cercanas se ubican en la Sierra de Los Pitos a poco más de 3.0 km al este del predio del Aeropuerto Metropolitano de México. El área de proyecto se encuentra en una zona de aluvión y regolita producidos a través de deposición de taludes, piedemonte y material piroclástico, y se localiza dentro de la región del Valle Tizayuca, la cual esta formada de planicies o valles en los que predominan el aluvión o sedimentos volcanoclásticos de la formación Tarango. Este Valle está orientado en dirección noreste-suroeste y presenta una longitud aproximada de 35 kilómetros por un ancho que va de 15 a 20 kilómetros, en el cual se presentan volcanes aislados, conos cineríticos o grupos de volcanes de dimensiones variadas y composición andesítica o basáltica del cuaternario, así como complejos de domos riolíticos-dacíticos-andesíticos del plioceno tardío (Zamorano-Orozco *et al.*, 2001). Estas distintas características y fenómenos geomorfológicos, han dado origen a suelos del tipo phaeozem particularmente del tipo háplico, siendo principalmente de origen aluvial. En la zona estos suelos son muy importantes en la economía agrícola, ya que se emplea principalmente en el cultivo de cebada y avena; sin embargo la actividad agrícola y en particular los métodos intensivos de labranza, la falta de prácticas de conservación, y el uso de los terrenos inapropiados, contribuyen en gran parte a disminuir la calidad productiva de los suelos en esta región, aunado a los procesos de la erosión y degradación de suelo, ratificando el deterioro ecológico del ambiente en una de sus manifestaciones más severas.

Los factores atrás mencionados favorecen el establecimiento de comunidades vegetales típicas de zonas semiáridas. Se considera que anteriormente la región estuvo cubierta por matorral xerófilo con comunidades de distintas especies de la familia quercus; sin embargo las actividades antropogénicas (actividades agrícolas y núcleos de población) ha causado un cambio drástico en la cobertura vegetal, ya que toda la flora autóctona de la zona del proyecto ha sido desplazada y únicamente se pueden observar comunidades de este tipo en las regiones altas del

Valle, en su lugar han aparecido distintas especies exóticas oportunistas propias de asociaciones con zonas agrícolas.

Con el consecuente cambio de cobertura vegetal de la zona, desapareció el hábitat para todas las especies de fauna que subsistían de la misma, por lo que fueron obligadas a desplazarse a las zonas menos perturbadas (principalmente parte alta de los cerros aledaños al Valle); de hecho de acuerdo a la clasificación regional de fauna descrita dentro de los factores bióticos, se puede observar que la zona establecida para el asentamiento del Aeropuerto Metropolitano de México, es un área fuertemente perturbada, por lo que la mayoría de las especies que actualmente subsisten en la zona son oportunistas que se alimentan de cultivos.

El 100% de la superficie definida para el proyecto, han sido empleadas para la agricultura de temporal, y en la colindancia noreste se ubica una batería de pozos (comunidad jagüey de Téllez) que abastecen a la ciudad de Pachuca; también se cuenta con poblados vecinos, caminos, carretera federal México-Pachuca y la infraestructura necesaria para satisfacer las necesidades humanas actuales.

La zona de estudio esta sujeta a una fuerte influencia por el acelerado crecimiento de la Zona Metropolitana de Pachuca y la localidad de Tizayuca, provocando una estructura urbana bipolar, pero no ha gozado del todo de los beneficios que cuentan estas, lo cual esta provocando presiones para la ocupación irregular en el corredor que se forma entre los dos núcleos urbanos arriba mencionados, a lo largo de la carretera federal México-Pachuca km 85. En lo que respecta al nivel de dotación de los servicios, se puede considerar con una cobertura buena, únicamente el servicio de alcantarillado aún tiene un cierto nivel de deficiencias en cuanto su cobertura, posiblemente esta situación otorga el nivel 6 en los índices de bienestar (INEGI) para la mayor parte de los municipios analizados, a excepción de Zumpango, Tecamac y Tizayuca que cuentan con el nivel 7 de índice de bienestar, que son los que concentran la mayor parte de los centros urbanos, a diferencia del resto que concentran la mayor parte de las zonas rurales que es donde se presenta un mayor grado de marginación.

Todas las situaciones descritas, han propiciado un sistema antropogénico perturbado, pero que en la generalidad aún se considera estable.

IV.2.5 Análisis de los componentes, recursos o áreas relevantes y/o críticas.

Una vez descritos los diferentes componentes que participan en el sistema, a continuación se determinan los siguientes potenciales de afectación:

Clima

Las construcciones que ocupan grandes superficies de suelo suelen producir una alteración de las condiciones climatológicas naturales. Las causas principales para la formación de un microclima propio ("clima urbano") radican en la modificación del balance térmico, hídrico, y del área local de los vientos. A esto se añade la concentración de contaminantes atmosféricos sin embargo para el caso particular del proyecto, a pesar de que se generará una cantidad apreciable de contaminantes a la atmósfera, la forma del terreno y la proporción de espacios libres, aunado a que el viento moderado de la zona es una constante, se considera que no habrá efectos adversos ocasionados por el proyecto al clima

Geología y Geomorfología

Los procesos formadores de paisaje, como son la erosión eólica y la depositación mantendrán su misma dinámica, por lo que se deberá realizar obras de contención de sedimentos provenientes de las partes altas, con el fin de evitar la acumulación de sedimentos en las partes bajas y particularmente en la zona del proyecto.

Suelo

De forma irremediable se verá afectado el suelo en la zona de construcción del Aeropuerto Metropolitano de México, debido a que toda la capa superficial del mismo, será removida en las etapas de despalme y formación de cajas para cimentación, por lo que en este punto es primordial, dar un manejo adecuado a dicho material, reubicándolo para cubrir los distintos rellenos sanitarios de la zona, emplear parte en la conformación de las áreas verdes del proyecto e incluso para rellenar oquedades de minas a cielo abierto cercanas, que ya no se encuentren en operación.

De igual forma, una vez realizado el despalme, la mayor parte de la superficie del proyecto, será recubierta con concreto, lo cual provocará una disminución en el área de infiltración del acuífero sobre el cual se localizará el Aeropuerto Metropolitano de México, por ello, es necesario considerar dentro del desarrollo obras de captación de aguas pluviales diferenciadas de las aguas y conducir las a pozos de absorción, todo esto con el fin de minimizar el impacto en la recarga del acuífero.

Agua

Como ya se mencionó la construcción del proyecto afectará un porcentaje de la zona de recarga del acuífero Pachuca-Cuautitlán, cabe mencionar que dicho acuífero ha sido sobreexplotado en los últimos años, por lo que es necesario por un lado mantener un bajo consumo de agua, siendo indispensable contar con infraestructura de tratamiento de aguas residuales que puedan reusarse en riego de áreas verdes y para pruebas contra incendios, y por el otro lado realizar obras de captación de agua pluvial e inyectarlas por medio de pozos de absorción hacia el subsuelo, así como aplicar el Plan de Manejo de Aguas para la región, realizado por el Gobierno del Estado.

Por otro lado, el proyecto no implicará modificar la trayectoria de cuerpos de agua, ya que dentro de la poligonal del Aeropuerto Metropolitano de México, no existen cuerpos de agua; sin embargo dentro de las etapas de construcción del proyecto, así como su operación, se producirán emisiones de partículas en suspensión que pueden transportarse por el aire, y que directa o indirectamente terminarán en los cuerpos de agua superficiales o incluso subterráneos, disminuyendo por ende su calidad.

Flora

La zona donde se ubicará el proyecto está completamente perturbada debido a la actividad agrícola de temporal, y se carece de especies nativas, estas se ubican únicamente en las zonas altas de la Sierra de Los Pitos localizada a unos 3 km al este del desarrollo; en este contexto el proyecto impactará directamente por el cambio de cobertura vegetal de zona agrícola a zonas de servicios y/o equipamiento de transporte, sin embargo solamente se desplazarán especies oportunistas propias de las zonas agrícolas.

Fauna

La remoción de la cubierta vegetal, provocará la destrucción del hábitat, lo que ocasionará el desplazamiento de las especies a zonas de vegetación aledañas y dará pie a competencia con otras especies ya asentadas por nicho y sustento; sin embargo las especies que ahí subsisten son en su gran mayoría del tipo oportunistas que se alimentan de los cultivos y no propias de la región. En este mismo sentido, como se estableció en el apartado de aspectos bióticos, a 50 km aproximadamente al este de la zona en estudio se encuentra la laguna de Tecocomulco, la cual se considera como el último humedal relicto en el que se refugian y habitan peces, anfibios y aves acuáticas características de lo que fueron los Lagos del Anáhuac, su importancia estriba en ser un lugar de nidificación, reproducción y paso de gran cantidad de especies de aves acuáticas y terrestres, encontrando más de una decena de aves migratorias provenientes del norte de México, Estados Unidos y Canadá, por lo que el espacio aéreo del Aeropuerto Metropolitano de México, de acuerdo a la Evaluación Ambiental Comparativa de 2 sitios considerados para la construcción del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, realizado por la UNAM, existen especies de aves que implican riesgos para la aviación civil en la región del Valle de Tizayuca. En Zapotlán de Juárez hay 9 especies rapaces o canoras y se considera que el área donde se ubicará el Aeropuerto Metropolitano de México es un hábitat atrayente para aves riesgosas, debido a las zonas de cultivo de cebada y maíz principalmente. Sin embargo, esta situación no es extraordinaria en instalaciones aeroportuarias en todo el mundo y hay medidas de manejo, para lo cual primero se deben realizar estudios sobre el comportamiento de las aves con relación al aterrizaje y las trayectorias de aproximación y despegue de los aviones, a pesar de estas aseveraciones, es raro detectar este tipo de aves, para lo cual se deberá reubicar los **vertederos** más cercanos al proyecto que tanto atraen a las aves en busca de alimento y que, por su emplazamiento, favorece el asentamiento de animales menores, atrayendo **aves de presa**, las cuales **suponen** por su tamaño **un evidente peligro en caso de colisión con las aeronaves**, especialmente en la zona del motor, entre otras medidas.

Aspecto socioeconómico

La vocación del uso de suelo, será drásticamente modificada de agrícola a zona de servicios y/o equipamiento de transporte. Esta situación conduce a una serie de cambios que irremediablemente impactarán en la población residente de la zona. Los principales cambios que se presentarán son: reducción de áreas de cultivo, mayores requerimientos de servicios, particularmente agua potable, introducción de factores de perturbación, mayor afluencia de población en tránsito y generación de empleos temporales y permanentes. Estas circunstancias pueden provocar un sin número de modificaciones como son: cambio en la ocupación de la gente al ser desplazados de la actividad agrícola, surgimiento de otras actividades productivas como el empleo en el sector servicios, aumento en la contaminación ambiental y también incremento en los factores de riesgo por aumento en el tráfico vehicular y por las operaciones del aeropuerto. Cabe destacar que en cuanto a la tenencia de la tierra y los posibles conflictos sociales por la reubicación de estratos de la sociedad afectada, no se presentarán en este proyecto porque en primer lugar el área donde se desarrollará el Aeropuerto Metropolitano de México, no cuenta con asentamientos humanos, en segundo lugar el 100 % de la superficie del proyecto ya ha sido adquirida por el Gobierno del Estado de Hidalgo y finalmente se cuenta con el instrumento normativo de la Declaratoria de destino para el Desarrollo del Valle de Tizayuca, publicado en el Periódico Oficial del Estado el 11 de octubre de 1999, el cual señala que la zona

que se ha contemplado para la construcción del proyecto que estamos analizando, está destinada exclusivamente para tal uso.

Aparte de todos los impactos mencionados, tal vez la consecuencia de mayor repercusión derivado del proyecto será el crecimiento de las zonas urbanas a lo largo de la carretera federal México-Pachuca km 85, con su consecuente necesidad de servicios y presión a los recursos naturales. Para evitar caer en situaciones poco sustentables como las descritas atrás, es necesario aplicar la normatividad establecida en el Plan Subregional de Desarrollo Urbano del Valle de Tizayuca, elaborado por el Gobierno del Estado.

IV.2.6. Identificación de las áreas críticas

Las áreas críticas más susceptibles a los impactos que generará el proyecto son:

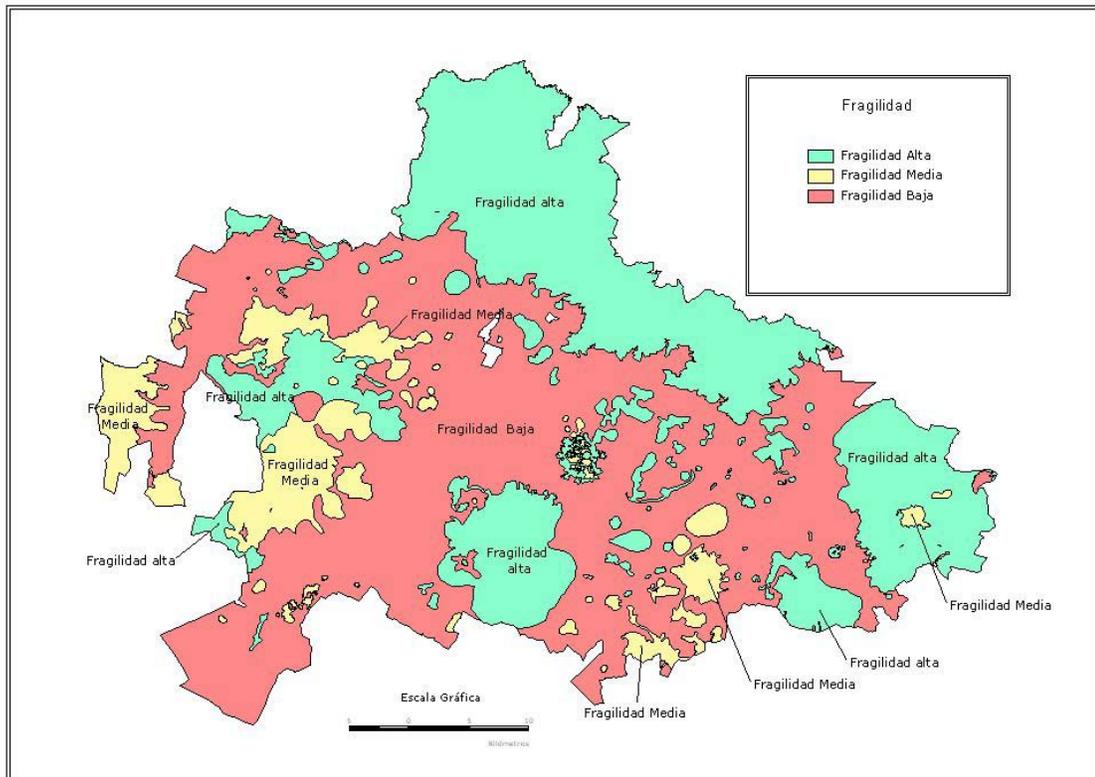
1. El área adyacente inmediata al predio donde se edificará el el Aeropuerto Metropolitano de México, es una zona crítica debido a que con el surgimiento de nuevas actividades en la zona se generará mucha presión para efectuar cambios de uso de suelo agrícola a urbano.
2. Las poblaciones más cercanas al aeropuerto y sus zonas anexas: Jagüey de Téllez, Zapotlán, San Pedro Huaquilpan y Tolcayuca, son áreas que estarán expuestas a la influencia inmediata de los servicios que se van a establecer en la zona, lo que puede originar modificación en la estructura de asentamiento, pudiéndose llegar a una polarización extrema entre las organizaciones ricas (internacionales), como las cadenas de hoteles, restaurantes, oficinas de viajes, empresas, etc., y el entorno nacional deprimido con crecimientos desordenados y desorganizados, donde las condiciones de vida de la población en lugar de mejorar empeorarán.
3. Dentro del área del proyecto no se tienen puntos críticos en términos de vegetación, puesto que se carece de vegetación nativa dentro de la superficie destinada al proyecto, debido a la fuerte perturbación de las actividades agrícolas, por lo que únicamente existen zonas de cultivo y vegetación oportunista.
4. En las proximidades del área, a poco más de 3 km al este del predio, existe una pequeña sierra denominada Los Pitos, así como el Cerro de Las Lajas y Las Cruces, al oeste del predio. Estas elevaciones se encuentran cubiertas por comunidades de matorral xerófilo, asociado con comunidades de distintos tipos de la familia quercus que muy probablemente albergan a las especies de fauna nativas de la región, esta zona no sufrirá ninguna afectación por el asentamiento del centro de carga, sin embargo se deben tomar medidas para dichas zonas que permitan preservarlas y ayudar a mejorar las condiciones del hábitat de estas especies.

IV.2.7. Identificación de los componentes ambientales críticos del sistema de funcionamiento regional

Con base en la metodología empleada en el Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Pachuca-Tizayuca, publicado en el Periódico Oficial del Estado el 21 de junio de 2004 para la determinación de la fragilidad dentro del sistema de estudio, ésta se estimó cualitativamente empleando los siguientes componentes: vegetación, edafología y pendientes.

Para el área del proyecto se detecto la ausencia de vegetación propia de la región, suelos aún fértiles pero sujetos al proceso de erosión eólica e hídrica, por la actividad agrícola, con una pendiente suave y no representan riesgos fuertes para la estabilidad ecológica, por lo que la zona destinada para el el Aeropuerto Metropolitano de México, presenta una fragilidad baja. (Figura IV.2.7.1).

Figura IV.2.7.1 Mapa de Fragilidad



IV.3. Diagnóstico Ambiental Regional

La llanura central, es la zona más extensa territorialmente hablando de la región, cuyo clima predominante de tipo semiseco templado con verano cálido, condiciona a la agricultura de temporal. En esta se desarrollan principalmente los cultivos de cebada y en menor grado el maíz y el frijol. El primero se ha practicado con tal intensidad que los suelos han perdido su fertilidad. Se ha deforestado sistemáticamente la región afectando principalmente a la vegetación de tipo xerófilo por apertura de terrenos agrícolas y sobrepastoreo, lo que ha ocasionado que la erosión eólica sea tan intensa que existen áreas en donde prácticamente se ha perdido el horizonte superficial del suelo (Villa Tezontepec y Tolcayuca). Esto trae como consecuencia una baja productividad de los cultivos.

Estas características le dan poco valor al suelo agrícola de la zona, propiciando el cambio de uso del suelo, lo que ha provocado la acelerada ampliación de la mancha urbana principalmente en la población de Tizayuca, contrario al resto de las poblaciones. Lo que ha ocasionado la aglomeración urbana de la región.

Escapan a este fenómeno pocas áreas, mismas que permanecen conservadas en grado aceptable, porque en ellas habitan especies protegidas de flora y especies locales de fauna presumiblemente endémicas; que deben su permanencia a que la explotación ha sido difícil por encontrarse en terrenos muy pedregosos o con pendientes fuertes. Respecto a la fauna del área donde se ubicará el proyecto, está compuesta predominantemente por especies exóticas oportunistas las cuales regularmente son provistos por los cultivos (indicadores de disturbio), creando una relación de dependencia cíclica.

Sin embargo, en las partes accesibles se encuentran áreas perturbadas por una intensa extracción de materiales de construcción derivando en notable pérdida de la cubierta vegetal de matorral xerófilo, erosión y pérdida total de suelo.

Estas pendientes se presentan principalmente en partes de la Sierra de los Pitos (incluyendo su prolongación hacia el norte con el cerro Las Tetillas) y ciertas elevaciones al sur de Zempoala.

Lo anterior sin duda, asocia a la región con flujos migratorios intermunicipales y desde el exterior del estado, cuya magnitud y dirección ubican a población proveniente de otros municipios hacia Pachuca de Soto, y de otros estados a la periferia de la región. Desde el exterior, principalmente de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) que abarca al Distrito Federal y parte del Estado de México.

De igual manera, la región no escapa a las implicaciones producto de los asentamientos humanos, que por su crecimiento, han propiciado la desaparición de flora y fauna, la demanda y el consumo de mayores volúmenes de agua, y la generación de grandes cantidades de residuos sólidos, que se traduce en un manejo inadecuado de los residuos sólidos urbanos e industriales, principalmente por la falta de infraestructura regulada para la disposición final de estos.

Respecto al recurso agua, el incremento de la demanda repercute en las fuentes de aprovisionamiento para uso municipal disminuyendo la disponibilidad de las aguas subterráneas del acuífero Pachuca-Cuautitlán. Mientras el consumo, se refleja en un aumento del volumen

generado de aguas residuales, en contraste con la infraestructura para su tratamiento por los diferentes usos, que actualmente es insuficiente.

En general la región cuenta con poblados, carreteras, caminos y la infraestructura suficiente para satisfacer las necesidades humanas presentes, además el Programa de Desarrollo Subregional del Valle de Tizayuca, fomentará y contribuirá a un crecimiento económico sustentable en la región.

IV.4 Identificación y análisis de los procesos de cambio del sistema ambiental regional

Dentro del Plan Subregional de Desarrollo Urbano del Valle Tizayuca, se tiene contemplado que en los próximos 25 a 30 años se captan cerca de 1.2 millones de nuevos habitantes (a ubicarse entre las ciudades de Pachuca y Tizayuca), como resultado de la migración ligada a la creación de empleos industriales y así incorporar de manera ordenada al Estado de Hidalgo a la Megalópolis del Centro. El escenario plantea la distribución del futuro crecimiento por medio de un sistema poli-nuclear en 6 núcleos urbanos de los cuales 4 serían nuevos: Ciudad Téllez, Ciudad Tezontepec, Ciudad Zempoala y Ciudad Zapotlán-Tolcayuca que absorberían 670,000 habitantes, 40% del incremento poblacional. Dentro del mismo Plan se proyecta una ocupación mínima con usos urbanos en suelos con alto valor agrícola y la preservación de las unidades ambientales de alto valor ecológico promoviendo la incorporación de medidas para la protección y restauración de recursos naturales, especialmente agua, suelo y aire, donde los asentamientos humanos se ubicarán fuera de las zonas agrícolas, en los piedemontes con pendientes entre 2 y 6%, entre las planicies y las áreas de conservación ecológicas del monte. De esta manera la mayoría de las zonas agrícolas quedarán fuera de los procesos de urbanización. El elemento principal para potenciar e impulsar dicho Plan de Desarrollo es el Aeropuerto Metropolitano de México.

Por otro lado, al generarse el cambio de uso de suelo de agrícola a urbano y al desarrollar la infraestructura aeroportuaria, la presión sobre el recurso agua se incrementará, toda vez que en primer lugar se disminuirá la superficie de infiltración del acuífero Pachuca-Cuautitlán y en segundo lugar debido al crecimiento demográfico de la región, la demanda del líquido vital se incrementará, por lo que será prioritario aplicar las acciones y medidas de control señaladas en el Plan de Manejo de Aguas para el Valle de Tizayuca, particularmente en lo relativo a la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, así como obras de captación de aguas pluviales y su inyección hacia el subsuelo por medio de pozos de absorción.

Con la tendencia actual sobre las prácticas y técnicas empleadas para la actividad agrícola, el uso de suelo se verá afectado en cuanto a su fertilidad, puesto que por un lado el proceso erosivo esta incrementándose y por el otro lado el empleo de agroquímicos tiende a disminuir la calidad estructural del suelo y sus propiedades fisicoquímicas.

Con el incremento demográfico, la presión hacia las zonas que presentan un menor grado de perturbación será mayor (Sierra de los Pitos en el este y Cerros de Las Cruces y Las Navajas en el oeste) y pondría en riesgo a las zonas que aún cuentan con flora nativa, caracterizada principalmente por matorral xerófilo y comunidades de quercus, hábitat de las especies de fauna que todavía subsiste dentro de la región. Con el fin de garantizar la permanencia de la biodiversidad de la región se debe aplicar estrictamente el carácter de zonas de preservación y

conservación ecológicas que tanto el Plan Subregional de Desarrollo Urbano del Valle Tizayuca, como el Ordenamiento Ecológico Territorial Regional del Valle Pachuca-Tizayuca definen.

Finalmente con el aumento de la población y el asentamiento del Aeropuerto Metropolitano de México, las vías de comunicación mejorarán, lo cual influirá positivamente sobre la calidad de vida de la población de todas las comunidades cercanas al proyecto, pero también habrá un incremento en la contaminación atmosférica debido al crecimiento del padrón vehicular, por las propias emisiones contaminantes de las aeronaves y ruido.

IV.4.1 Medio físico

IV.4.1.1 Clima

No habrá efectos adversos ocasionados por el proyecto, ya que la forma del terreno y la proporción del espacio libre, así como el viento permiten limpiar la atmósfera de las emisiones contaminantes que se generarán por el del Aeropuerto Metropolitano de México, así como por el incremento de vehículos automotores, por lo que el microclima del tipo urbano no se podrá generar.

IV.4.1.2 Aire

Parece ser que hasta ahora que la contaminación atmosférica procedente de los aviones en zonas alejadas de los aeropuertos es de carácter casi imperceptible, dadas las características de las emisiones de los aviones que vuelan a alturas de crucero y el proceso de difusión en los grandes espacios. Sin embargo, en los aeropuertos y sus cercanías, este asunto reviste condiciones que merecen especial atención.

Las condiciones climatológicas del aeropuerto determinan el grado de contaminación de las proximidades. Cuando existen condiciones turbulentas en las capas inferiores de la atmósfera no es probable que las emisiones afecten perceptiblemente la población, como es el caso del valle de Tizayuca, donde el viento ligero y moderado constante, facilita la dispersión de los contaminantes.

En el siguiente cuadro IV.4.1.1.1 se muestran los productos de emisión normales de un motor de combustión y los efectos que produce:

PRODUCTOS DE EMISION NORMALES EN UN MOTOR DE COMBUSTION Y SUS EFECTOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

Productos de emisión		Efectos en el medio ambiente
<i>No contaminantes</i>	CO ₂ H ₂ O	Ligeras modificaciones
<i>Contaminantes</i>	<ul style="list-style-type: none"> — NO_x — Hidrocarburos sin quemar — Humos — Oxidos sulfurados — CO — Residuos de aditivos 	<ul style="list-style-type: none"> — Neblinas <i>smog</i> — Restricción de visibilidad — Acciones fotoquímicas — Acciones sobre la salud del hombre, la fauna y la flora — Toxicidad — Olores — Acción destructiva sobre materiales (pinturas, etc.)

La introducción de turborreactores ha sido un gran paso hacia la reducción de emisiones contaminantes. Los aviones dotados de motores de reacción (la mayor parte de los aviones comerciales en la actualidad), contribuyen muy poco a la contaminación del aire.

Si se comparan los productos de emisiones procedentes de motores de distinto tipo, tendremos el cuadro IV.4.1.1.2, en el que se observan las ventajas de los turborreactores.

Figura IV.4.1.1.2

**COMPARACION DE LOS PRODUCTOS DE EMISION
DE DISTINTOS TIPOS DE MOTOR**

Tipos de motor	Productos de emisión	% Contaminantes	% CO ₂	% H ₂ O
Alternativo ciclo OTTO		34	36	30
Alternativo DIESEL		5	65	30
Turborreactor		1	70	29

Sin embargo, en el área de estacionamiento de aviones, al arrancar los motores, se producen concentraciones instantáneas que pueden ser muy molestas, sobretodo para los operarios que trabajan en el despacho de aviones; aunado a esta contaminación también se sumarían las emisiones de la operación del ferrocarril, así como el incremento de emisiones de gases contaminantes producto de la combustión por el incremento del tráfico terrestre que el proyecto provocará.

IV.4.1.3 Agua
A. Continental

1. Modificación de los patrones naturales de drenaje en sistemas terrestres

Prácticamente en toda la subcuenca del Río de las Avenidas, no se ha podido establecer un programa integral que permita crear infraestructura hidroagrícola, así como un sistema de saneamiento del agua residual contenida dentro del río; todos estos factores han propiciado en primer lugar una baja eficiencia del aprovechamiento del recurso, una baja producción de cultivos y en segundo lugar una afectación al suelo por las prácticas agrícolas que están en parte erosionando el suelo.

2. Disminución de la calidad en cuerpos de agua

Actualmente el Río de las Avenidas, principal cuerpo de agua de la zona, conduce las aguas residuales de la ciudad capital del Estado de Hidalgo, y también funciona como control de avenidas en temporada de lluvias, a pesar de que dicho río presenta una calidad de agua muy baja, la construcción del del Aeropuerto Metropolitano de México, contribuirá a disminuir su condición, debido principalmente a las partículas suspendidas en el aire que se producirán en la etapa de construcción y operación, que de alguna manera llegarán al río.

3. Alteración de los patrones naturales en corrientes superficiales (hidrodinámica)

La poligonal del proyecto se ubica en el Valle Pachuca-Tizayuca, comprendido en la Región Hidrológica 26, conocida como Pánuco, en la cuenca del Río Moctezuma, en la subcuenca del Río de las Avenidas, el cual nace en la sierra de Pachuca y cruza toda la subcuenca en dirección norte-sur hasta llegar al gran canal para proseguir su camino hacia el Río Moctezuma con una longitud de 122.5 km. La forma de la subcuenca es rectangular alargada con dirección NE-SW y en ella la mayoría de los escurrimientos son del tipo efímero, con escurrimiento básicamente estacional, la red hidrográfica es del tipo dendrítico en los lomeríos y en el Valle del tipo rectangular y paralelo.

La construcción del Aeropuerto Metropolitano de México, no se contrapondrá con los patrones naturales de drenaje, ya que únicamente se presentan escurrimientos por el lado este provenientes de la Sierra de Los Pitos que llegan al Río de las Avenidas, el cual se ubica en la parte más cercana a la poligonal del proyecto, a poco más de 1 km al lado noreste, y por el oeste se presentan escurrimientos efímeros provenientes de los cerros de Las Cruces y Las Lajas que se pierden en su recorrido o que son almacenados en bordos, sin llegar tampoco al polígono del Aeropuerto Metropolitano de México, Cabe mencionar que se tiene previsto dentro del Plan de Manejo de Aguas del Valle Tizayuca, canales de captación de aguas pluviales que conducirán el agua captada en la infraestructura del proyecto, hacia zonas de recarga y que no causen riesgos de inundación.

4. Modificación a la recarga vertical de acuíferos y alteración de calidad de agua subterránea

Las principales fuentes de recarga natural que alimentan al acuífero en la región es la precipitación pluvial que se capta en los parteaguas de las sierras y lomeríos, que son conducidos hacia las partes bajas por gravedad y que finalmente se infiltran en mayor grado en la planicie del Valle, y en menor grado en los piedemontes.

En la última década, la recarga del acuífero ha sido modificada por la presión de los asentamientos humanos, que reduce la superficie de infiltración sin realizar alguna infraestructura que permita captar el agua pluvial hacia el subsuelo, también la construcción de bordos ha alterado el escurrimiento natural de las corrientes superficiales, y en consecuencia, la infiltración a lo largo del cauce.

El desarrollo del proyecto implica cambiar el uso de suelo agrícola a uso de servicios, disminuyendo la superficie de infiltración en la zona, más aún que en la zona donde se construirá el Aeropuerto Metropolitano de México, tiene un índice de infiltración del 70%, razón

por la cual es imprescindible considerar infraestructura que capte e inyecte el agua pluvial hacia el subsuelo; cabe destacar que en cuanto a la calidad del agua en el subsuelo, el desarrollo no provocará ninguna afectación.

5. Competencia por el aprovechamiento de recursos

El acuífero de Pachuca-Cuautitlán, que es al que corresponde el sitio donde se desarrollará el Aeropuerto Metropolitano de México, ha reducido su capacidad de almacenaje y con ello su disponibilidad en más de un 450% de 1998 a 2002 (Indicadores Ambientales/COEDE, 2003), lo anterior muy probablemente debido a presiones demográficas por el crecimiento acelerado de las zonas urbanas de la región, así como por el desarrollo industrial. Este crecimiento urbano rivaliza por el recurso con el riego agrícola y por lo tanto, se aumenta la extracción del vital líquido. Esta situación encarece los costos de operación y pone en riesgo el desarrollo del sector agropecuario.

IV.4.1.4 Suelo

1. Aumento en la susceptibilidad a la erosión (grado de erosión)

En la región donde se asentará el desarrollo del Aeropuerto Metropolitano de México, los procesos de la erosión y degradación de suelo confirman el deterioro ecológico del ambiente en una de las formas más representativas.

El proceso de deterioro ambiental que ocurre en la región ha ocasionado la pérdida de la capacidad para mantener los ciclos biológicos que sustentan de manera natural la existencia de vegetación. Este fenómeno resulta de la interacción de factores económicos, culturales, institucionales e incluso normativos, que se expresan en una inadecuada aplicación de técnicas de producción y falta de aprovechamiento de la aptitud de los suelos, además de la gran presión por el cambio de uso de suelo agrícola a urbano.

La actividad agrícola que se lleva a cabo en la región y en particular los métodos intensivos de labranza, la falta de prácticas de conservación, y el uso de terrenos inapropiados, contribuyen en gran parte a disminuir la calidad productiva de los suelos en esta región. Se calcula que la zona donde se ubica la poligonal del proyecto en cuestión, presenta una erosión del tipo laminar leve con pérdida del horizonte A entre el 0 – 25%, y canalillos en formación; sin embargo también existen zonas dentro del Valle que tienen una erosión laminar fuerte con pérdida del horizonte A entre el 75% y 100% y canalillos profundos. No obstante lo anterior se considera que los trabajos que se realicen con la construcción del Aeropuerto Metropolitano de México tendrán efectos que aumenten el grado de erosión sobre los terrenos colindantes.

2. Alteración de la composición fisicoquímica

El suelo es el resultado de la interacción de cinco factores: material parental, clima, organismos, topografía y tiempo. El clima, constituye el principal factor que rige el tipo y velocidad de formación del suelo, por las características climáticas de la región el proceso de formación de suelo es lento; más sin embargo como ya se ha mencionado, debido a los métodos intensivos de labranza (agricultura de temporal), mediante la remoción de los cultivos producidos, que no

permiten reintegrar los residuos de cosecha al suelo, la retención de agua y nutrientes, y en general la falta de prácticas de conservación de la actividad agrícola (fertilizantes, insecticidas y herbicidas), han provocado la alteración de las propiedades fisicoquímicas del suelo, que gradualmente lo van degradando, por lo cual es necesario emprender trabajos de rehabilitación del mismo, por ejemplo a través de la composta de los centros de manejo de residuos de la región.

Es importante mencionar que una vez que se inicie la etapa de preparación del sitio y construcción del Aeropuerto Metropolitano de México, se verá afectada de forma puntual la composición fisicoquímica del suelo por los trabajos de excavación, remoción de tierra y tráfico vehicular, principalmente.

3. Disminución en la capacidad de formación de suelo

Es indudable que en la superficie definida para el proyecto, existirá un impacto de tipo puntual en la disminución en la capacidad de formación de suelo, debido a que se sustituirá el suelo existente por planchas de concreto y asfalto, sin embargo fuera del polígono que abarca el desarrollo de Aeropuerto Metropolitano de México, el impacto en la formación de suelo será nulo.

IV.4.1.5 Geología y geomorfología.

1. Modificación en la topografía

La topografía del sitio donde se dispondrá el proyecto en análisis, presenta una pendiente aproximada del 1.5%, se localiza en el corazón del Valle Tizayuca, y tanto a sus lados Este y Oeste, existen elevaciones, las cuales se localizan en el rango de 3 a 5 km; la totalidad del desarrollo se ubica dentro de la parte baja del Valle, por lo que en ninguna etapa del proyecto, habrá afectación al relieve.

2. Cambios en los procesos naturales de erosión-sedimentación

No se prevén cambios en los procesos naturales de erosión, sedimentación, instalación y operación del proyecto, toda vez que dichos procesos se presentan en el mayor de los casos de forma planar y el factor de gravedad no influye dentro del proceso.

3. Desestabilización de terrenos

Básicamente las áreas que tienen cierto grado de susceptibilidad a presentar desestabilización es al norte de la zona del proyecto, a unos 40 kilómetros aproximadamente en lo que corresponde a la Sierra de Pachuca; existe una pequeña falla también en la Sierra de Los Pitos pero al parecer no presenta inestabilidad, aunado a que el Aeropuerto Metropolitano de México en ninguna de sus etapas de construcción y operación, causarán procesos de desestabilización por el tipo de relieve en donde se realizará.

IV.4.2. Medio biótico

IV.4.2.1 Flora (terrestre y acuática)

1. Daño físico individual

El sitio de interés se encuentra completamente perturbado y deteriorado debido a la presión ejercida por las actividades antropogénicas, que ha cambiado la vegetación original a zonas de cultivos de temporal, las comunidades más cercanas al sitio del proyecto que presentan vegetación nativa se localizan a más de 3 kilómetros al este del proyecto en el Cerro de Los Pitos, y al oeste a poco más de 4 km en los Cerros de Las Cruces y Las Navajas (matorral xerófilo y comunidades de Quercus); por lo que el daño físico que se presentaría en la vegetación nativa del lugar será nulo y únicamente se afectarían a ciertas especies inducidas, asociadas a los cultivos, que incluso son indicadores de disturbio.

2. Alteración a las formas de crecimiento

En el área de estudio los cambios de factores ambientales se han visto provocados por la presión ejercida por el hombre hacia los ecosistemas nativos que ahí se encontraban debido a la destrucción del hábitat; de tal forma que dentro del sitio destinado para el proyecto, las zonas con vegetación autóctona han desaparecido por lo que la obra no alterará las formas de crecimiento de las especies vegetales nativas, pues ya han sido modificadas previamente.

3. Alteración a los patrones de distribución

El clima mantiene el papel principal como factor determinante de la distribución de la vegetación. Esta función se debe a que este elemento no solamente actúa en forma directa sobre las plantas, sino que también tiene influencia, a menudo decisiva, en los procesos de la formación del suelo y del moldeamiento de la topografía; afecta la distribución de microorganismos y de animales e interfiere en los mecanismos de competencia, con lo cual ejerce controles múltiples (Rzedowski, 1978). En el área de estudio los patrones de distribución se han visto afectados debido al uso que la población ha hecho con la flora nativa cercana a las comunidades que se encuentran fragmentadas y aisladas, por lo que se sugiere su conservación. En el área del proyecto los patrones de distribución de especies nativas no se verán alterados debido a que en esta área encontramos zonas agrícolas de temporal y por lo tanto no se provocará fragmentación del hábitat, ni disminución de especies y mucho menos aislamiento del ecosistema.

4. Modificaciones en la densidad relativa

La densidad de la población se puede definir como la magnitud de ésta en relación con alguna unidad de espacio, en otras palabras se puede expresar como el número de individuos por unidad de superficie o de volumen, ya que no solo importa el área de influencia de las especies sino su cantidad y esto está en función dentro de otros factores como la competencia que exista con otras especies, así como los factores físicos limitantes como el clima, pero para la zona de

proyecto, como carece por completo de vegetación nativa, las modificaciones en la densidad relativa que causará el desarrollo del Aeropuerto Metropolitano de México serán nulas.

5. Modificación en las interacciones entre especies

Como ya se mencionó, la acción recíproca entre las especies, es un factor que define la densidad y dominio de ellas, estas interacciones pueden verse afectadas de acuerdo a las condiciones del ecosistema, si tiene un grado de perturbación importante, las interacciones entre las especies pueden afectarse. Este es el caso de la zona donde se ubicará el Aeropuerto Metropolitano de México, ya que el ecosistema ha sido deteriorado a través del tiempo por las actividades antropogénicas que ahí se han desarrollado. El impacto que causará la obra en la zona de proyecto es mínimo debido al debastamiento que ha sufrido el ecosistema original y al desplazamiento total de la vegetación nativa.

6. Pérdida de la sustentabilidad en el manejo de los recursos

El concepto de desarrollo sustentable nos define que es la capacidad de satisfacer las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de satisfacer sus necesidades las futuras generaciones; desafortunadamente, la explotación y el manejo inadecuado de los recursos naturales es un problema mundial, nacional y regional, en el que se requiere redoblar esfuerzos. En este sentido, la zona de estudio no es la excepción, el manejo de los recursos de flora nativa no se llevó a cabo de forma adecuada, y terminó desplazando y convirtiendo a la mayor parte del matorral en zonas de cultivo, únicamente se han logrado salvar aquellas comunidades en las regiones altas del Valle donde su acceso es difícil.

Es necesario establecer programas que restauren en lo posible las comunidades originarias de la región, y protegiendo tanto las necesidades estéticas y de recreo como las de productos, manteniendo un rendimiento continuo de plantas, animales y materiales útiles, a fin de establecer un ciclo equilibrado de cosecha y renovación. En este sentido el proyecto, debe contemplar áreas verdes y de amortiguamiento ecológico, donde se ubiquen unidades biológicas propias de la zona, para sumarse al principio de la conservación y restauración.

IV.4.2.2 Fauna

La fauna de esta zona esta determinada por factores abióticos, bióticos e históricos. Entre los abióticos más relevantes están el clima y la composición del suelo. El clima, por ejemplo, determina la disponibilidad de agua y la aparición de componentes importantes de los nichos ecológicos que usarán los animales; por su parte, la composición del suelo determina la disponibilidad de nutrientes y tipo de plantas que estarán presentes. Entre los factores bióticos que determinan la fauna de un lugar destaca la presencia de otras especies en la zona (por ejemplo plantas asociadas a un tipo de vegetación), la interacción con estas especies (e.g., herbivoría, depredación, competencia, parasitismo, mutualismo) y la interacción con sus recursos alimenticios.

1. Interrupción de las rutas migratorias

El sitio de proyecto está dentro de la zona clasificada como Central de acuerdo al Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Valle de Pachuca-Tizayuca. El sitio no se ubica a lo largo de

alguna ruta migratoria de aves, ya que únicamente se tienen reportadas dentro de las aves principales de la región: *Sensu peterson*, *Chalif*, *Pipilo fuscus*, *Zenaida Macioura* y *la Mharadruis Vociferus*, que de todas las especies es la única que habita en espacios abiertos y que es común encontrarla en aeropuertos; cabe destacar que ninguna esta dentro de algún estatus de protección de acuerdo a la legislación mexicana.

Sin embargo, como ya se comentó a aproximadamente 50 km al este de la zona del proyecto, se localiza la laguna de Tecocomulco que es un lugar de nidificación, reproducción y paso de gran cantidad de especies de aves acuáticas y terrestres, encontrando más de una decena de aves migratorias provenientes del norte de México, Estados Unidos y Canadá, dentro de las que destacan: la garcita blanca dedos amarillos *Egretta tula* y el garzón blanco *Casmerodius albus* con poblaciones de 60 a 200 individuos.

Otra familia de aves la constituyen la *Anatidae* (patos) con 14 especies; de las que más abundan en la época de migración son la cerceta de alas azules *Anas discors* y el pato tepalcate *Oxyura jamaicensis* con poblaciones de 3000 a 5000 individuos., sin embargo será muy ocasional que se lleguen a detectar alguna de estas especies en el espacio aéreo del Aeropuerto Metropolitano de México (no se cuenta con algún documento actual o histórico que pueda facilitar una estimación de las poblaciones para poder establecer alguna comparación presente o futura), de acuerdo a la Evaluación Ambiental Comparativa del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, realizado por la UNAM, existen especies de aves que implican riesgos para la aviación civil en la región del Valle de Tizayuca. En Zapotlán de Juárez hay 9 especies rapaces o canoras y se considera que el área donde se ubicará el Aeropuerto Metropolitano de México es un hábitat atrayente para aves riesgosas, debido a las zonas de cultivo de cebada y maíz principalmente. por lo cual primero se deben realizar estudios sobre el comportamiento de las aves con relación al aterrizaje y las trayectorias de aproximación y despegue de los aviones, así como considerar las distintas medidas recomendadas por la OACI.

2. Disminución de la abundancia

El efecto de la actividad humana ha llegado a ser un factor importante que determina la presencia de las especies en la zona de estudio. Esto es debido a que las actividades humanas como agricultura, caza, tala, uso del agua, ganadería, e industria han impactado negativamente las especies de fauna que existían en el sitio, ya que son minimas las especies que lograron adaptarse al nuevo medio (distintas especies de ratón), creando plagas y extirpando aquellas que no logran adaptarse, formando una vegetación secundaria.

Se tienen registros que desde la década de los 70's, la zona ya era de cultivo, por lo que la vegetación nativa y el sustento de las especies de fauna que ahí habitaban fue desplazada, y por lo tanto, las modificaciones de calidad de hábitat ya se han establecido, balanceando las actividades humanas con las especies que se han adaptado a estas. Esto implica que la fauna existente en la poligonal donde se desarrollará el proyecto y áreas circunvecinas, son especies con amplios márgenes de adaptación a actividades humanas.

3. Competencia por límites territoriales

La territorialidad se puede definir como cualquier tipo de mecanismo activo que mantenga separados a los individuos, o a unos grupos de otros; sin embargo, un análisis sobre

territorialidad de las distintas especies, no es lo más adecuado para realizar en la zona de estudio, esto se debe a que la fauna que llega a esta área son especies que se adaptan a condiciones particulares de hábitat, y que regularmente están más sujetas a las temporalidades de los cultivos y al manejo humano que a la territorialidad innata que pudieran desarrollar. En la zona del proyecto las especies dominantes en el área son aquellas que se adaptan al ser humano y su productividad.

Por otro lado, las especies propias de la región que solamente habitan las partes altas de la Sierra de Los Pitos, los Cerros de Las Cruces y Las Lajas, tienen una competencia territorial muy limitada, debido a que son ecosistemas aislados de dimensiones no muy representativas y que cada día están siendo más presionados por las actividades antropogénicas como son los bancos de materiales a cielo abierto, por lo que es indispensable crear mecanismos que permitan preservar estas áreas y su biodiversidad.

4. Alteración de las interacciones poblacionales

Los principales factores que influyen en la interacción poblacional entre distintas especies son el aislamiento, la territorialidad y la colonización; estas variables determinan en un momento dado si dentro del ecosistema existe un balance entre las especies que lo habitan (buena diversidad) o si existe cierto grado de perturbación, donde una especie se ha adaptado a los cambios en el medio y presenta dominio sobre otras o incluso que estas otras especies no han logrado adaptarse al nuevo medio y hayan sido extirpadas de forma local.

Sin embargo como ya se ha descrito, en el sitio donde se desarrollará el proyecto del Aeropuerto Metropolitano de México y sus áreas circunvecinas, las actividades antropogénicas han provocado un cambio radical en el medio, generando que todo el hábitat nativo de matorral xerófilo y matorral de quercus haya sido sustituido por zonas de siembra y con ello el hábitat de muchas especies de fauna desaparecieron, por lo que algunas lograron adaptarse al nuevo medio, pero la mayoría tuvo que emigrar a sitios con condiciones similares a su hábitat original, estableciéndose en las partes más altas del Valle, donde el acceso a los seres humanos es difícil.

La zona de estudio muestra indicadores de ser una zona muy perturbada, donde pocas especies nativas han logrado subsistir y únicamente la especie *Pipodomus phillipsii* se ha identificado en la región y se encuentra dentro de algún estatus de preservación en las Leyes Mexicanas.

5. Pérdida de la sustentabilidad en el manejo de los recursos

En el área no se aplica ningún tipo de manejo a la fauna silvestre de manera directa o para su aprovechamiento. Cuando más, se ejerce el control de sus poblaciones con fines de protección de los cultivos; sin embargo de acuerdo al Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Pachuca-Tizayuca publicado el 21 de junio de 2004 en el Periódico Oficial del Estado de Hidalgo, tanto la Sierra de Los Pitos como los Cerros de Las Cruces y Las Navajas en la Sierra de Tezontlalpan, están dentro de las UGA's forestales, con política ambiental de conservación, que tienen como criterio fundamental: no cambiar el uso actual del suelo, lo que permitirá mantener los hábitats de muchas especies de animales y plantas, y prevenir la erosión inducida por la deforestación.

IV.4.2.3 Ecosistema.

1. Modificaciones en los patrones de distribución y abundancia de las comunidades vegetales

En este aspecto tanto los modelos lineales del concepto clímax, ni el modelo realizado por Krebs de patrones de distribución en las comunidades vegetales, pueden aplicarse a las condiciones donde se ubicará el proyecto, ya que como se mencionó anteriormente, el área se encuentra completamente modificada por cultivos, y el ecosistema esta sometido de forma artificial por el hombre, por lo que no se puede hablar ni siquiera de un sistema natural de vegetación secundaria, lo cual afecta tanto a las comunidades vegetales al impedir la sucesión de la vegetación en términos de cambio de adaptación de las especies al medio, así como también a las escasas especies de fauna, favoreciendo en el mejor de los casos que se adapten a la presencia del ser humano o bien surjan especies oportunistas que incluso pueden provocar plagas, o en el otro sentido no logren adaptarse, reduciendo su población e incluso siendo desplazadas a otras regiones.

2. Modificación en la biodiversidad alfa y beta

El lugar donde se prevé el proyecto esta dominado por tierras agrícolas de cebada, lo cual limita al ciclo de cosecha tanto la abundancia como distribución de especies de flora y fauna, por lo que la biodiversidad alfa y beta está sujeta a condiciones externas que al ser temporales, no puede sostener una población estable; y al crearse el Aeropuerto Metropolitano de México reducirá el área agrícola, causando una ruptura en el ciclo de cultivo puntual; sin embargo esto no extirpará ninguna especie, ya que éstas, componen todo el corredor que se ubica a lo largo de la carretera federal 85, México-Pachuca.

3. Modificación de la productividad primaria y la producción secundaria

Para poder establecer la cantidad de productividad del ecosistema a nivel primario y secundario, es necesario establecer la cadena alimenticia de la comunidad, pero en el sitio donde se construirá el del Aeropuerto Metropolitano de México, debido a que el suelo es agrícola de temporal, los individuos que habitan, incluyendo sus depredadores, dependen básicamente de la temporalidad de los cultivos, además de que los productos son extraídos al momento de levantar la cosecha, por lo que el paso de energía de la productividad primaria a la secundaria no se logra.

4. Modificaciones generales a los ciclos de nutrientes

El suelo posee todas las reservas de materiales orgánicos, minerales, sales, agua, oxígeno y en general a excepto de la energía solar de todos los nutrientes que se requieren para el buen funcionamiento del ecosistema, y su ciclo muestra que todos los elementos están en constante movimiento recirculando entre los organismos dentro de su ecosistema y siendo acarreado por medio de los procesos físicos.

Se considera que las afectaciones que el desarrollo de carga pudiera provocar en el ciclo de nutrientes, serían insignificantes, toda vez que solamente se afectará una porción relativamente

pequeña de la superficie del suelo del Valle Tizayuca, además de que el proceso de acarreo por medio de medios físicos no será alterado.

5. Procesos de fragmentación y aislamiento de los ecosistemas

La fragmentación de la vegetación tiene como consecuencia inmediata la reducción del hábitat para las especies, lo que puede ocasionar un proceso de defaunación o desaparición parcial o total de comunidades de algunos grupos como insectos, aves y mamíferos (Dirzo y García 1992). Las relaciones bióticas y abióticas de las comunidades también se pueden alterar en función del tamaño y la forma de los fragmentos, ya que al modificarse la distribución espacial de los recursos también se modifica su disponibilidad. El grado de interrelación de los fragmentos determina entonces la viabilidad de estas especies en el mediano y largo plazos, ya que si ésta no existe pueden producirse procesos de aislamiento, favorecerse procesos endogámicos o bien llegar hasta la extinción local de algunas especies. (CONABIO, 2004).

En la zona de estudio, la deforestación realizada de la vegetación nativa se debe al cambio en el uso del suelo y la consiguiente transformación del matorral xerófilo y quercus en zonas agrícolas, como resultado de una presión demográfica sobre el uso de los recursos naturales y de un aprovechamiento inadecuado de la tierra (FAO 1993), provocando la pérdida de hábitat para la fauna de la zona, que ha sido desplazada y aislada a las partes altas del Valle, por lo que el proyecto no repercutirá en la fragmentación ya realizada del ecosistema, incluso como medida compensatoria a su realización, es recomendable elaborar un Plan de Restauración y Preservación de aquellas zonas altas del Valle Tizayuca que aún tienen una vocación silvestre y que son los últimos resquicios del hábitat de la flora y fauna nativa de la región.

6. Afectación a los servicios ambientales

La zona donde se desarrollará el Aeropuerto Metropolitano de México, brinda principalmente dos servicios ambientales, los cuales son: área de recarga para el acuífero Pachuca-Cuautitlán y área generadora de oxígeno a través de las áreas de cultivo, que fijan carbono, nitrógeno y controlan la pérdida de suelo por erosión eólica; dichos servicios ambientales serán afectados por el proyecto, particularmente en la superficie que sea recubierta con material impermeable, ya que no permitirá la percolación del agua de lluvia lo que generará una reducción en la capacidad de carga del acuífero, y al ser desplazada la vegetación asociada a las actividades agrícolas, disminuirá la producción de oxígeno, además que la fauna asociada a los cultivos será desplazada a otras zonas, aumentando la presión sobre los recursos de la región.

7. Procesos de desertificación

La erosión es una de las principales causas de la desertificación de la zona y constituye uno de los problemas más severos de los recursos renovables. Dentro de los principales procesos que propician la degradación de la tierra están: la erosión eólica y el proceso de degradación biológica (aumento de la mineralización de la materia orgánica del suelo debido a la remoción del manto vegetal y al cultivo excesivo, entre otros).

Con la construcción del Aeropuerto Metropolitano de México, la desertificación que se provocará, será igual al área que será recubierta por concreto o algún material similar impermeable.

IV.4.2.4 Paisaje

1. Potencial estético de la zona o región

En las inmediaciones de la poligonal donde se asentará el Aeropuerto Metropolitano de México sólo se pueden apreciar áreas agrícolas, en un radio de entre 1.5 a 2.5 km se localizan algunos centros poblacionales y más allá de los 3 km de distancia se observan las elevaciones del Valle, constituidas principalmente por el Cerro de Los Pitos en el este y los Cerros de Las Cruces y Las Navajas al oeste.

2. Deterioro visual por modificaciones en la fisonomía de la zona o región debido a la erosión, la perdida de la cubierta vegetal, crecimiento urbano anárquico, contaminación ambiental, modificación de los patrones de distribución de las comunidades naturales.

Prácticamente todo el Valle Tizayuca, ha sufrido un deterioro en cuanto al paisaje estético, debido en primer lugar al cambio de uso de suelo de vegetación nativa a agrícola, lo cual ha causado la pérdida de cubierta vegetal original, problemas de erosión y por supuesto modificaciones en los padrones de distribución de las especies, como ya se mencionó renglones arriba; con la construcción del proyecto se corre el riesgo de fomentar a asentamientos humanos irregulares que podrían modificar aún más el paisaje, por lo que es de imperativa importancia tomar en cuenta las medidas establecidas en el Plan Subregional de Desarrollo del Valle de Tizayuca.

3. Identificación de los elementos visuales favorables, como cerros cañadas, huertas, vegetación riparia, ríos, lagos, elementos arquitectónicos, históricos y culturales, etcétera, y los desfavorables como basureros, asentamientos humanos irregulares, vialidades con tráfico excesivo, zonas industriales, bancos de material mal operados, etc.

Favorables

- Sierra de Los Pitos, ubicada al este del proyecto, entre los municipios de Villa de Tezontepec y Zempoala
- Cerros de Las Cruces y Las Navajas, ubicados al oeste del proyecto, entre los municipios de Tolcayuca y Zapotlán de Juárez.
- Templo y exconvento de San Pedro (construido en el siglo XVI), en la población de Villa de Tezontepec
- Arcos del Padre Tembleque (acueducto construido en el siglo XVI), ubicado en el municipio de Zempoala.
- Haciendas de Tepa Chico, San Antonio Tochatlacio y Casa Grande, en el municipio de Zempoala.
- Parroquia de la transfiguración construida en el siglo XVI en la ciudad de Tizayuca.
- Santuario a la Virgen de Guadalupe, ubicado en la carretera de acceso a la población de Villa de Tezontepec.
- Laguna de Zumpango.
- Zona Arqueológica de Teotihuacán, cerca del municipio de San Martín de Las Pirámides.

Desfavorables

- Tiradores
- Zona industrial de Tizayuca, ubicada en la ciudad de Tizayuca.
- Asentamientos humanos irregulares a largo de la carretera México-Pachuca.
- Presa El Manantial, la cual almacena parte del agua que llega del río de las avenidas y es agua muy contaminada, en el municipio de Tizayuca.

IV.4.3 Medio socioeconómico**IV.4.3.1 Medio social****1. Demografía**

De acuerdo al Plan Subregional de Desarrollo del Valle de Tizayuca el escenario plantea captar 1.2 millones de nuevos habitantes en los próximos 25 a 30 años como resultado de la migración ligada no sólo al Aeropuerto Metropolitano de México, sino a todo un megaproyecto denominado Valle Tizayuca que contempla zonas industriales, habitacionales, ecológicas, etc., que generarán empleos e incorporarán una forma ordenada al Estado de Hidalgo en la Megalópolis del Centro. Se estima que la mayor parte de las personas que migrarán hacia esta zona serán provenientes del propio Estado, así como de los municipios vecinos del Estado de México (contemplados en el apartado de socioeconómico).

2. Modificación al uso actual y potencial del suelo

La instalación del Aeropuerto Metropolitano de México, así como sus áreas anexas de logística, definitivamente modificarán el uso actual del suelo de agrícola a urbano y de infraestructura aeroportuaria; sin embargo el Plan Subregional de Desarrollo arriba mencionado, plantea dentro del megaproyecto Valle Tizayuca, que únicamente estará ubicado en la zona de la planicie el proyecto que nos ocupa, y esto se debe a las condiciones topográficas necesarias para su funcionamiento, sin embargo el documento indica que las áreas urbanas se asentarán en los piedemontes con una pendiente entre 2 y 6%, las zonas bajas del Valle serán promovidas con infraestructura para mejorar la productividad de las zonas agrícolas, de igual manera las áreas más altas del Valle, serán sujetas a restauración y protección con el fin de preservarlas por su valor ecológico.

Con las medidas consideradas, si existirá una modificación al uso del suelo, sin embargo permitirán que este se realice de forma gradual y ordenada, evitando los asentamientos irregulares que ya se presentan en la región.

3. Competencia por límites territoriales

En cuanto a la tenencia de la tierra y los posibles conflictos sociales por la reubicación de estratos de la sociedad afectada, la situación ha sido resuelta ya que el lugar donde se desarrollará el Aeropuerto Metropolitano de México, no cuenta con asentamientos humanos, el 100 % de la superficie del proyecto ya ha sido adquirida por el Gobierno del Estado de Hidalgo y finalmente se cuenta con el instrumento normativo de la Declaratoria de destino para el

Desarrollo del Valle de Tizayuca, publicado en el Periódico Oficial del Estado el 11 de octubre de 1999, el cual señala que la zona que se ha contemplado para la construcción del proyecto en comento, está destinada exclusivamente para tal uso.

4. Cambios en la planificación urbana

Los cambios en la planificación urbana han sido establecidos de acuerdo al documento rector Plan Subregional de Desarrollo del Valle de Tizayuca, y en este sentido se direccionará la actualización, y en su caso elaboración de los Planes Municipales de Desarrollo Urbano de Villa de Tezontepec, Zapotlán, Tizayuca, Tolcayuca y Zempoala, los cuales serán concluidos en el presente año.

5. Incidencia en salud, vivienda, recreación, seguridad, etc.

La construcción del Aeropuerto Metropolitano de México forma parte de la etapa inicial del megaproyecto Valle Tizayuca, y el instrumento normativo que regirá el desarrollo de la región es el Plan Subregional de Desarrollo Urbano de Tizayuca, el cual indica que los centros urbanos se ubicarán de forma discontinua en el territorio sobre los terrenos a piedemonte, creándose nuevos asentamientos de cerca de 200,000 habitantes. Estos asentamientos tendrán un funcionamiento eficiente a través de una estructura moderna y funcional y contarán con la autonomía suficiente mediante una distribución adecuada y jerarquizada de los diferentes niveles de equipamiento, desde regionales hasta locales, entre cada centro urbano, nuevo o tradicional, que permita una alta calidad de vida.

Adicionalmente a los equipamientos de nivel regional que se ubicarán en el sistema de ciudades, se creará un espacio con infraestructura de punta en materia de telecomunicaciones y transporte para el establecimiento de empresas de servicios de nivel metropolitano, nacional o internacional así, como un centro médico de especialidades.

A corto plazo, la construcción del Aeropuerto Metropolitano de México plantea dentro de sus áreas anexas un hospital, así como áreas de amortiguamiento ecológico que mejorarán el aspecto visual del sitio.

IV.4.3.2 Medio económico

1. Modificación en el nivel de ingresos de la población

Uno de los impactos positivos que generará tanto la construcción como operación del Aeropuerto Metropolitano de México, será la creación de fuentes de empleo, incrementándose así el ingreso de la población económicamente activa de la región; durante la construcción será necesaria mano de obra que generará empleos por un tiempo limitado y una vez en operación será necesario personal calificado, el cual seguramente provendrá de Pachuca, Tizayuca, Tecamac e incluso Zumpango, lo cual generará empleos permanentes e impulsará el crecimiento económico de la región.

2. Cambio estructural en el nivel adquisitivo

Con el establecimiento del proyecto como motor impulsor del megaproyecto Valle Tizayuca, también llegarán otras inversiones para desarrollos industriales, agrícolas, habitacionales e incluso para la preservación de las áreas ecológicas identificadas, lo cual mejorará la infraestructura vial y férrea, así como los equipamientos y servicios de las poblaciones aledañas al proyecto, provocando un incremento en el nivel de vida de sus habitantes y por ende la generación de empleos, con la cual se incrementará su poder adquisitivo.

3. Alteraciones en la tenencia de la tierra y en el desarrollo de las actividades productivas

Los terrenos seleccionados para la instalación del Aeropuerto Metropolitano de México no tienen problemas de tenencia ya que el 100 % de la superficie del proyecto ya ha sido adquirida por el Gobierno del Estado de Hidalgo y también se cuenta con el instrumento normativo de la Declaratoria de destino para el Desarrollo del Valle de Tizayuca, publicado en el Periódico Oficial del Estado el 11 de octubre de 1999, el cual señala que la zona que se ha contemplado para la construcción del proyecto que estamos analizando, está destinada para uso expedito de terminal multimodal de carga.

En este mismo sentido, al no existir asentamiento poblacional alguno dentro del predio definido para la construcción del proyecto, no habrá necesidad de realizar reubicaciones, lo cual junto con los aspectos arriba mencionados, garantizará la estabilidad socioeconómica del proyecto.

4. Desequilibrio entre oferta y demanda del factor de trabajo

De acuerdo a lo que establece el Programa Subregional de Desarrollo Urbano del Valle de Tizayuca, se estructura el desarrollo del megaproyecto Valle Tizayuca en 5 etapas de 5 años cada una. El programa se inicia con la construcción y puesta en del Aeropuerto Metropolitano de México, de acuerdo con las estimaciones de generación de empleos e inversiones, las metas de empleo para la primer etapa que es constituida por el proyecto objeto de nuestro análisis es de 7,500 empleos.

El proceso de generación de empleos directos e indirectos, determinará las posibilidades de crecimiento poblacional de la subregión, como base indispensable de un desarrollo real, justo e incluyente, por otro lado los impactos poblacionales de la construcción y operación de la terminal aérea y áreas anexas, serán absorbidos principalmente por la ciudad de Tizayuca e incluso Zapotlán que cuentan con el espacio urbano suficiente.

5. Relaciones costo-beneficio en desequilibrio

El proyecto del Aeropuerto Metropolitano de México provocará costos tanto en los aspectos de índole ambiental, económica y social.

El principal costo ambiental consiste en la introducción de un elemento ajeno al paisaje, lo cual es irreversible, además de que por el cambio de cobertura vegetal de agrícola a urbana e infraestructura aeroportuaria y ferroviaria, modificará la capacidad de infiltración del manto

acuífero y provocará contaminación ambiental, entre otros efectos ya expuestos en la presente carpeta; por lo que se recomienda tomar una serie de medidas que tiendan a evitar y en su caso mitigar dicho impacto, como son: obras de captación e inyección de aguas pluviales al subsuelo, crear un cinturón de amortiguamiento ecológico contiguo al aeropuerto, reforestar con vegetación nativa, preservar las áreas ecológicas detectadas en la región, particularmente la Sierra de Los Pitos en el este y los Cerros de Las Cruces y Las Navajas; obras de captación de sedimentos para evitar pérdidas de suelo, plantas de tratamiento de agua residual, infraestructura regional y/o intermunicipal para la adecuada disposición de residuos sólidos; este tipo de obras contribuirán a disminuir impactos ambientales que generará el proyecto.

Los costos económicos que generará el proyecto son elevados, sin embargo estos gastos serán recuperados a mediano plazo con una adecuada gestión del Aeropuerto Metropolitano de México y posteriormente a largo plazo generará benéficos económicos; otro aspecto benéfico será que una vez instalado el aeropuerto potenciará las inversiones para establecer nuevos proyectos productivos en la zona que ayudarán a crecer económicamente la región.

En el aspecto social, se generarán efectos negativos por el aumento de tráfico vehicular y su consiguiente riesgo de accidentes y contaminación atmosférica, también impactará en el mediano plazo su ritmo de vida y sus actividades productivas; sin embargo el proyecto también traerá consigo la mejoración de la infraestructura de comunicaciones, servicios y equipamiento en las comunidades y por supuesto empleos que otorgarán un mejor nivel de vida para las personas.

6. Incremento en los costos de los procesos de transformación

Cualquier transformación genera un costo, sin embargo si se lleva a cabo una adecuada planeación de los gastos ambientales, económicos y sociales, estos podrán estimarse con certeza y se podrá prever la manera como van a ser amortiguados o cubiertos, lo que evitará que durante el proceso de la construcción del proyecto se den imprevistos que lleven al aumento del costo estimado. Además se cuenta con el documento rector del desarrollo de la región, el cual es el Plan Subregional de Desarrollo del Valle de Tizayuca, que establece los lineamientos para los asentamientos, con el fin de permitir un desarrollo ordenado y equilibrado con el entorno.

IV.2.3 Aspectos Socioeconómicos

Contexto Regional

- **Región económica**

Tanto el Estado de Hidalgo como el Estado de México corresponden a la región centro país de acuerdo a la subdivisión en mesoregiones, de acuerdo al Plan Nacional de Desarrollo 2000-2006 en su capítulo 2, fracción primera: el Sistema Nacional de Planeación Participativa; y debido a que el polígono del Aeropuerto Metropolitano de México se ubica en parte de los municipios de Villa de Tezontepec, Zapotlán y Tolcayuca, y que el área de influencia del proyecto desde el punto de vista socioeconómico, abarca a los municipios de Tizayuca y Zempoala, en Hidalgo y Tecamac, Temascalapa, Zumpango, así como San Martín de las Pirámides (debido a que la vía férrea que conducirá la carga del aeropuerto a la ZMVM, cruza este municipio), en el Estado de México, a continuación se describen a que sub-región corresponden estos municipios.

Todos los municipios del Estado de Hidalgo se encuentran en el área de influencia del proyecto, forman parte de la Región XII, llamada Tizayuca, de acuerdo a la regionalización administrativa realizada por la Secretaría de Desarrollo Social de Gobierno del Estado. En cuanto a los municipios en análisis del Estado de México, Zumpango forma parte de la subregión del mismo nombre, y los municipios de Temascalapa, Tecamac y San Martín de las Pirámides, forman parte de la subregión Ecatepec.

- **Distribución y ubicación de núcleos urbanos cercanos al proyecto y su área de influencia. (Documento contenido en la carpeta de anexos "Relación de planos y archivo fotográfico) .**
- **Tipo de centro de población conforme al esquema de sistema de ciudades (SEDESOL)**

La jerarquía urbana de acuerdo a la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) con la que se clasificarán los principales centros de población de la zona de influencia del proyecto, se describen a continuación:

Clasificación de los centros de población	
Clasificación	Rango de población
Regional	De 500,001 hab. en adelante
Estatad	100,001 a 500,000 hab.
Intermedio	50,001 a 100,000 hab.
Medio	10,001 a 50,000 hab.
Básico	5,001 a 10,000 hab.
Concentración rural	2,501 a 5,000 hab.
Rural	Menor a 2,500 hab.

Fuente: SEDESOL, Sistema normativo de equipamiento urbano, 1995.

A continuación se enlistan los municipios y el número de poblaciones en orden de magnitud de población, que comprende la clasificación arriba expuesta.



HIDALGO

HIDALGO



Municipio	1-2500	2501-5000	5001-10000	10001-50000	50001 - 100000
Villa de Tezontepec	16	0	1	0	0
Tizayuca	25	2	0	1	0
Tolcayuca	16	1	1	0	0
Zapotlán	8	6	2	0	0
Zempoala	76	1	0	0	0
San Martín de las Pirámides	16	0	0	1	0
Temascalapa	22	4	1	0	0
Tecamac	38	1	1	4	1
Zumpango	67	4	2	2	0

En seguida se enlistan las comunidades por municipio que serán más influenciadas por el proyecto Aeropuerto Metropolitano de México.

MUNICIPIO: VILLA DE TEZONTEPEC		
COMUNIDAD	POBLACIÓN	CATEGORIA
Tezontepec	5,094	Básico
Col. Guadalupe	746	Rural
El Capulin	82	Rural

MUNICIPIO: TIZAYUCA		
COMUNIDAD	POBLACIÓN	CATEGORIA
Tizayuca	33,182	Medio
Huitzila	3,600	Concentración rural
Tepojaco	3,380	Concentración rural
El Cid	1,885	Rural
El Carmén	1,004	Rural
Emiliano Zapata	960	Rural
Las Plazas	874	Rural
Olmos	403	Rural

MUNICIPIO: TOLCAYUCA		
COMUNIDAD	POBLACIÓN	CATEGORIA
Tolcayuca	5,659	Básico
Gral. Felipe Ángeles	3,090	Concentración Rural
Vicente Guerrero	1,009	Rural
San Tlajomulco	765	Rural
Las Pintas	225	Rural

MUNICIPIO: ZAPOTLÁN DE JUÁREZ		
COMUNIDAD	POBLACIÓN	CATEGORIA
Zapotlán	7,917	Básico
Acayuca	6,904	Básico

MUNICIPIO: ZEMPOALA		
COMUNIDAD	POBLACIÓN	CATEGORIA
Zempoala	5717	Básico
Jagûey de Tellez	2,494	Rural
San Pedro Tlaquilpan	1,198	Rural
Lindavista	746	Rural

MUNICIPIO: TECÁMAC		
COMUNIDAD	POBLACIÓN	CATEGORIA
Ojo de Agua	74,143	Intermedio
Los Reyes Acozac	19,886	Medio
Tecámac	13,696	Medio

MUNICIPIO: TEMASCALAPA		
COMUNIDAD	POBLACIÓN	CATEGORIA
Temascalapa	5,153	Básico
San Bartolome Actopan	3,370	Concentración Rural
Ixtlahuaca	3,157	Concentración Rural
Teacalco	2,383	Rural
Teopancala	1,032	Rural
Las Pintas	663	Rural

MUNICIPIO: SAN MARTÍN DE LAS PIRÁMIDES.		
COMUNIDAD	POBLACIÓN	CATEGORIA
San Martín de las Pirámides	11,695	Medio

MUNICIPIO: ZUMPANGO.		
COMUNIDAD	POBLACIÓN	CATEGORIA
Zumpango	41,084	Medio
San Bartolo Cuautlalpan	9,080	Básico
Buenavista	912	Rural

Fuente: Sistema Nacional de Información Municipal de la Secretaría de Gobernación, basado en los datos del XII Censo General de Población y Vivienda de INEGI.

De acuerdo a las tablas anteriores, se observa que en el Estado de Hidalgo, la única ciudad que esta dentro del área de estudio con una clasificación del tipo medio es Tizayuca, las cabeceras municipales de Tolcayuca, Villa de Tezontepec, Zempoala y Zapotlán junto con Acayuca son del tipo básico, por otro lado en lo que respecta a los municipios considerados del Edo. de México, la población de mayor importancia es Ojo de Agua con un nivel de tipo intermedio y en orden de importancia Tecamac y Los Reyes Acozac, ambos del tipo medio al igual que las cabeceras municipales de Zumpango y San Martín de las Pirámides.

- **Índice de pobreza**

El índice de marginación permite discriminar espacios geográficos (entidades federativas, municipios o áreas geoestadísticas básicas) según el impacto global de carencias que padece la población como resultado de la falta de acceso a la educación primaria, la residencia en viviendas inadecuadas, la percepción de ingresos monetarios bajos y las derivadas de la residencia en localidades pequeñas, aisladas y dispersas, como puede ser la falta de servicios de salud, equipamientos e infraestructura adecuada, lo cual conforma una precaria estructura de oportunidades que obstruyen el pleno desarrollo de las potencialidades humanas (Conapo, 2002).

El índice de marginación a nivel municipal, permitió observar los grandes desequilibrios regionales que existen en la entidad, sin embargo, particularmente en el área de estudio se destacó por no presentar municipios con grado de marginación muy alto, lo que la diferencia de otras regiones del estado. Asimismo, en los últimos diez años la región ha consolidado una tendencia a concentrar cada vez más población en municipios con muy baja y baja marginación ya que en 1990 solo eran seis con esta característica y en el año

2000 se ubicaron ocho. El porcentaje de población que residen en municipios de muy baja y baja marginación pasó de 81% en 1990 a 84% en el 2000 (Cuadro IV.2.3.1).

Este fenómeno social también se puede analizar a nivel localidad, lo que permite indagar desigualdades locales no perceptibles a nivel municipal. En la última década las localidades con alta y muy alta marginación en la región han aumentado (Cuadro IV.2.3.2), de igual manera el porcentaje de población que vive en estas localidades se ha incrementado (3.6 a 7.9 %); caso contrario ha sucedido con las localidades de muy baja y baja marginación que han disminuido. Sin embargo, el porcentaje de población que reside en éstas comunidades ha aumentado, ya que pasó de 81.2 a 83.8%. Hay que destacar que el aumento de las localidades con muy alta y alta marginación se debe al incremento de las comunidades con poca densidad de población que se ha dado en la región en la última década, ya que 9 de cada 10 asentamientos con alta y muy alta marginación de esta región son comunidades entre 50 y 999 habitantes. Esto evidenció que la marginación es un fenómeno predominantemente rural.

A pesar de que los grados de marginación alto y muy alto estuvieron concentrados en las áreas rurales, dentro de las ciudades también existieron zonas excluidas del proceso de desarrollo y en el disfrute de sus beneficios. Para poder analizar la marginación en su expresión urbana, se construyó un índice de marginación calculado a nivel de Área Geoestadística Básica (AGEB) con el fin de captar los rezagos existentes en las localidades urbanas del Valle Tizayuca en el año 2000. De los 58 AGEB's urbanos considerados en la construcción del índice de marginación, 17 AGEB's de baja marginación (29% de la población), 16 se encontraron con marginación media (27% de los habitantes urbanos de la región) y en las categorías de alta y muy alta marginación se ubicaron 13 (22.4% de la población residente) y 12 (20.6% de los habitantes urbanos) AGEB's respectivamente.

Cuadro IV.2.3.1. Grados de Marginación, 1990 – 2000

Municipios	Muy Bajo		Bajo		Medio		Alto		Muy Alto	
	1990	2000	1990	2000	1990	2000	1990	2000	1990	2000
Tizayuca		X	X							
Tolcayuca			X	X						
Villa de Tezontepec			X	X						
Zapotlán de Juárez			X	X						
Zempoala				X			X			

Fuente: INEGI, 1990, 2000b.

Cuadro IV.2.3.2. Grados de Marginación por AGEB's Urbanos, 2000

Localidades Urbanas	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto	Total
Acayuca		1		3	4	8
Huitzila		1		1		2
Tezontepec		1	1	2	1	5
Tizayuca		8	6	1	1	16
Tolcayuca		2	1	2	2	7
Zempoala		3	3	2	3	11
Zapotlán de Juárez		1	5	2	1	9
Total	0	17	16	13	12	58

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2000b.

Finalmente de acuerdo a los estudios realizados para la medición de la pobreza, emitidos por la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) junto con el Instituto de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), se emitieron Índices de Bienestar, los cuales indican de acuerdo a una serie de parámetros considerados, tanto el nivel de pobreza que tiene la población, así como su nivel de bienestar. En la figuras IV.2.3.1 y IV.2.3.2 se muestra parte de los Estados de Hidalgo y México, señalándose con un ovalo las zonas de influencia del proyecto, apreciando que los municipios del Estado de Hidalgo (Tolcayuca, Villa de Tezontepec, Zapotlán y Zempoala) a excepción de Tizayuca (nivel 7), tienen un nivel de bienestar de 6; en el caso de los correspondientes al Estado de México, Zumpango y Tecamac tienen nivel 7, San Martín de las Pirámides tiene nivel 6 y Temascalapa nivel 5, siendo este municipio el que presenta un nivel de bienestar más bajo de los 9 municipios considerados dentro del área de influencia del proyecto.

Figura IV.2.3.1. Nivel de bienestar del Estado de Hidalgo.

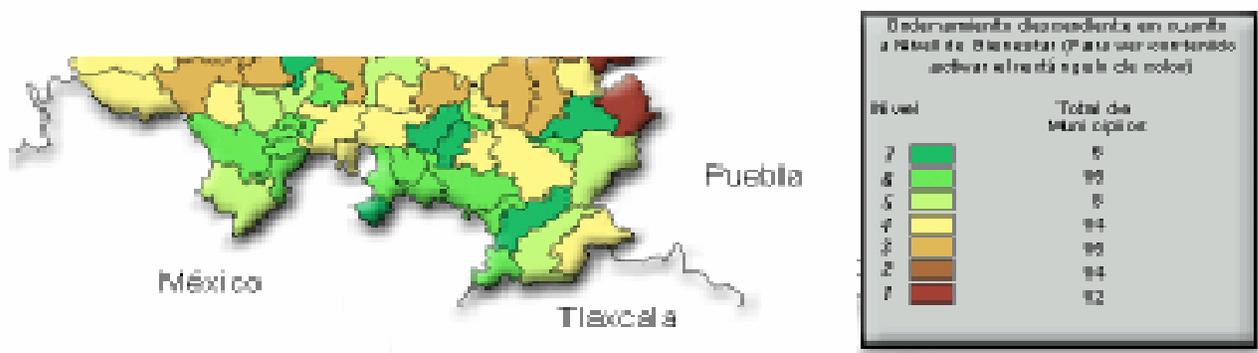
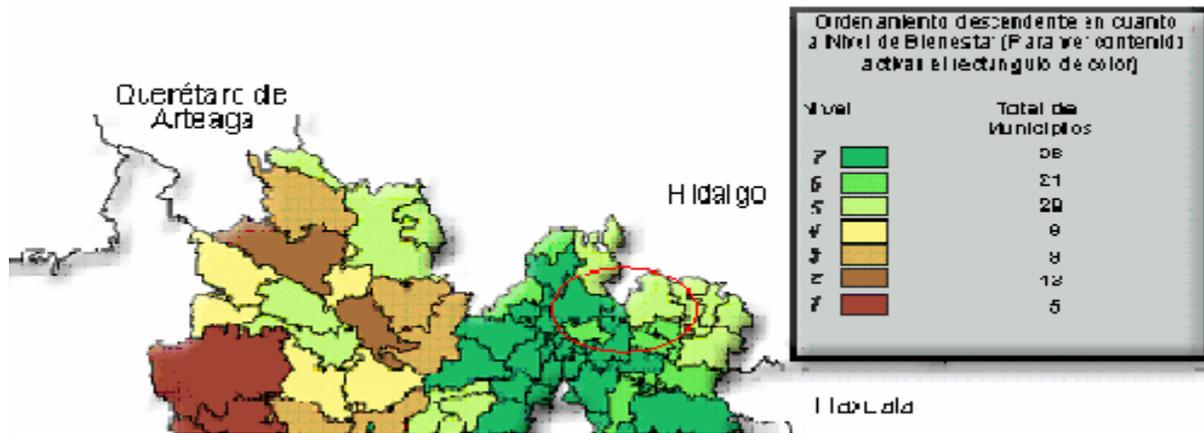


Figura IV.2.3.2. Nivel de bienestar del Estado de México



- **Equipamiento**

Por su importancia para la higiene comunitaria y el medio ambiente, a partir del último censo de población y vivienda 2000, se investigó sobre el tratamiento de los residuos sólidos generados en los hogares.

En los municipios de la región se manifestaron diferencias en el comportamiento para la eliminación de sus residuos que no son visibles en el análisis en conjunto. Por ejemplo, quemar la basura o enterrarla, es la práctica más frecuente en municipios como: Zempoala (73.2%), situación que favorece el deterioro ambiental, para la región, con todos sus riesgos, como previamente se ha señalado. En contraste, están los municipios que concentran sus desechos en un tiradero municipal, a partir de su recolección por los encargados de limpia municipal, ya sea en camiones o carritos, dicha actividad es la principal en Tizayuca (90.6%), Villa de Tezontepec (85%), y en menor medida en Toluca (66.6%) y Zapotlán (62.6%).

- **Reservas territoriales para desarrollo urbano.**

La siguiente información esta basada en el Plan Subregional de Desarrollo Urbano del Valle de Tizayuca.

Las reservas territoriales fueron tomadas basándose en los programas de desarrollo urbano vigentes en la zona de estudio, se toma en cuenta las áreas totales que se proponían en su momento, confrontando estas con las áreas restantes aún no ocupadas actualmente de esos polígonos.

En la siguiente tabla se muestran las áreas totales de los tres planes vigentes que actúan en el Valle Tizayuca.

Reserva territorial con base en los planes vigentes				
Localidad	Baldíos (hect.)	Sup (hect.)	Sup(hect.)	Totales por programa
Tizayuca (1)	79.80	136.00	358.00	
El Chopo (1)	4.70			
Emiliano Zapata (1)	6.20		22.84	
Huitzila (1)	29.90		22.00	
Tepojaco (1)	27.40		25.00	
Subtotal	148.00	136.00	427.84	711.84
Los Ángeles (Tolcayuca) (2)		14.00	12.90	
Subtotal		14.00	12.90	26.90
Acayuca (3)		262.10		
Zapotlán de Juárez (3)		356.46		
S. A. Tlaxiaca (3)		339.02		
Santiago Tiapacoya (3)		162.91		
Los Órganos (3)		34.16		
Pachuca y localidades aledañas (3)		6,872.25		
Área del esquema estatal del PDRZMP (3)		3,892.05		
(4)				
Subtotal		11,656.38		11,656.38
Total				12,395.59

Sup suelo urbanizable programado.
 Sup suelo urbanizable no programado.
 (1) datos obtenidos en el programa de desarrollo urbano del municipio de Tizayuca.
 (2) datos obtenidos en el esquema de desarrollo urbano de la colonia Felipe Ángeles del municipio de Tolcayuca.
 (3) datos obtenidos de la cartografía del plan de desarrollo regional de la zona metropolitana de Pachuca. Plano e-1, e-2, pe-1, pe-2, pe-3 y pe-4. Superficies propuestas a largo plazo.
 (4) el área total se le descontó el traslape de la superficie del polígono de Pachuca y localidades aledañas.

Nota: PDRZMP= Plan de Desarrollo Regional de la Zona Metropolitana de Pachuca.

Como se aprecia en la tabla anterior, la mayor parte de la reserva territorial, esta propuesta por el Plan de Desarrollo Regional de la Zona Metropolitana de Pachuca, con un área total de 11, 656.38 has, entre lo que plantea el esquema estatal de desarrollo y los límites del crecimiento urbano de las diversas localidades dentro del Plan Metropolitano.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de áreas de los tres planes vigentes que se encuentran dentro del polígono del Plan Subregional de Desarrollo Urbano del Valle de Tizayuca.

Reservas dentro del Plan Subregional de Desarrollo Urbano del Valle de Tizayuca con base en planes vigentes		
Municipio o Localidad	Superficie (Hect.)	Porcentaje con respecto al Total

Tizayuca	711.84	16.51%
Los Ángeles (Tolcayuca)	26.9	0.62%
Polígonos del PDRZMP	618.56	14.35%
Áreas del Esquema Estatal del PDRZMP	2,953.92	68.52%
Total	4,311.22	100.00 %

A continuación se presenta una tabla comparativa de las áreas propuestas como reservas territoriales en los planes vigentes y el porcentaje de áreas aún no ocupadas.

Reservas dentro del Plan Subregional de Desarrollo Urbano del Valle de Tizayuca con base en planes vigentes				
Municipio o Localidad	Superficie Propuesta (Hect.)	Superficie sin ocupar actualmente (Hect.)	Reserva territorial ya utilizada (Hect.)	Porcentaje sin utilizar
Tizayuca	711.84	433.15	268.69	62.25%
Los Ángeles (Tolcayuca)	26.9	14.95	11.95	55.58%
Polígonos del PDRZMP	618.56	95.43	523.13	15.43%
Áreas del Esquema Estatal del PDRZMP	2,953.92	2,953.92	0	100.00%
Total	4,311.22	3,507.45	803.77	81.36%

Como se puede observar, el porcentaje ya utilizado (18.64%) comprende un área de 803.77 has y lo que aún queda como reserva territorial dentro del Plan Subregional de Desarrollo Urbano del Valle de Tizayuca es del 81.36% equivalente a 3,507.45 has

Aspectos Sociales

- **Demografía**

Magnitud de la población

La poligonal del proyecto Valle Tizayuca comprende parte de los municipios de Villa de Tezontepec, Tolcayuca y Zapotlán de Juárez, todos en el Estado de Hidalgo; sin embargo por su influencia demográfica y cercanía de los municipios de Tizayuca y Zempoala, también estos serán considerados dentro de este apartado., asimismo por la influencia que generará el proyecto en la dinámica poblacional se han contemplado de manera complementaria para este apartado a los municipios de Zumpango, Tecamac, San Martín de las Pirámides y Temascalapa en el Estado de México.

El municipio más poblado de esta región es Tizayuca que en el año 2000 concentró el 43.70% de la población, le siguen por orden de importancia: Zempoala (23.12%), Zapotlán de Juárez (14.04%), Tolcayuca (10.67%) y Villa de Tezontepec (8.47%)¹(Cuadro IV.2.3.3).

Por otro lado, en lo que respecta a los 4 municipios del Estado de México que se verán afectados en cuanto a la dinámica poblacional al instalar el proyecto en cuestión, podemos observar que para el año 2000 el municipio de Tecamac concentró el 53.74% de la población, le siguen Zumpango con el 31%, Temascalapa con el 9.11% y finalmente San Martín de las Pirámides con el 6.12%; se puede observar que los 2 municipios más cercanos a la zona conurbada del Distrito Federal presentan una contribución poblacional mucha más elevada que los otros dos (Cuadro IV.2.3.4).

En los últimos treinta años el ritmo de crecimiento de la población de la región del Valle Tizayuca ha sido muy superior al registrado a escala estatal. De mantenerse el actual ritmo de crecimiento la población estatal se duplicaría en 40 años, mientras que la población de la región lo haría en poco más de la mitad del tiempo que se señaló para el Estado.

Cuadro IV.2.3.3. Población total, relativa y tasas de crecimiento, 1970-2000

	Población Total			Población Relativa		Tasa de Crecimiento		
	1970	1990	2000	1970	1990	2000	1970-1990	1990-2000
Población Estatal	1,193,845	1,888,366	2,235,591	100%	100%	100%	2.31	1.71
Tizayuca	8,703	30,293	46,344	0.73%	2%	2.07%	6.40	4.38
Tolcayuca	4,460	8,011	11,317	0.37%	0%	0.51%	2.95	3.54
Villa de	4,930	7,394	8,982	0.41%	0%	0.40%	2.04	1.98

¹ El porcentaje de las distribuciones del volumen de población no suman el 100% debido al redondeo de las cifras

Tezontepec								
Zapotlán de Juárez	6,334	11,481	14,888	0.53%	1%	0.67%	3.00	2.65
Zempoala	13,830	21,295	24,516	1.16%	1%	1.10%	2.17	1.43
Población Total	38,257	78474	106047	3.20 %	4.15 %	4.70 %		

Cuadro IV.2.3.4. Población total, y tasas de crecimiento, 1990-2000 de los municipios de interés en el Estado de México

	Pob. Total	Tasa de crecimiento
	2000	1990-2000
Población Estatal	13,096,686	2.95
Tecamac	172,813	3.47
Temascalapa	29,307	4.41
San Martín de las Pirámides	19,694	3.83
Zumpango	99,774	2.97
Población Total	106047	

El ritmo de crecimiento en el periodo de 1990 al 2000 entre los municipios que comprenden la región no es homogéneo. Cuatro municipios destacan por sus elevadas tasas: Tizayuca (4.4%), Tolcayuca (3.5%) y Zapotlán (2.65 %). Los municipios de Villa de Tezontepec y Zempoala presentan una tasa de crecimiento por abajo del 2%. De los 5 municipios comprendidos en la región, cuatro tenían una tasa de crecimiento superior a la del Estado y solo uno se ubicó por debajo del promedio estatal (Cuadro 1). Como referencia en los municipios del Estado de México considerados, prácticamente todos presentan una tasa de crecimiento superior a la media estatal, resaltando el municipio de Temascalapa con una tasa de crecimiento para el periodo de 1990-2000 de 4.41%

• **Procesos migratorios**

La influencia de la zona metropolitana del Valle de México (ZMVM) para el Estado de Hidalgo resulta bastante relevante en el aspecto migratorio. La mayor parte de las personas que llegan al Estado son de esa región, del mismo modo que los emigrantes hidalguenses se dirigen a la ZMCM y municipios aledaños al Estado de México, creando una simbiosis muy característica.

Los municipios del Valle Tizayuca se han constituido como los principales receptores de inmigrantes absolutos² en el Estado de Hidalgo. En 1970 el 24.0% de las personas residentes en Hidalgo nacieron en otro Estado, en 1990 este porcentaje aumentó a 30.0% y en el año 2000 la proporción fue de 34.1%. Todos los municipios de la región han incrementado el número de inmigrantes absolutos en los últimos treinta años, pero destaca la evolución que de este tipo de inmigrantes ha tenido el municipio de Tizayuca, en 1970 solamente el 4.8% de la población residente de ese municipio no habían nacido en Hidalgo, para 1990 esta proporción aumentó en 47% y en el 2000 fue de 50.8%, por lo que uno de cada dos residentes de ese municipio no nació en el Estado de Hidalgo. Como se señaló anteriormente, otros municipios también incrementaron la proporción de inmigrantes absolutos, pero no tan significativamente como Tizayuca; tal es el caso de: Tolcayuca de 16.2% en 1970 pasó a 29.9% en el año 2000; Zapotlán de Juárez 3.2 a 19.0% Zempoala 3.1 a 15.7% (Cuadro IV.2.3.5). El 60% de las personas no originarias del estado en la región eran del Distrito Federal y el Estado de México.

El incremento de la población para el Municipio de Tizayuca puede inferirse por el crecimiento industrial que existe en la zona.

Cuadro IV.2.3.5 Población residente que nació en una entidad diferente, 1970-2000

Localidad	Población			Porcentaje *		
	1970	1990	2000	1970	1990	2000
Estatal	49,712	184,613	276,143	4.2	9.8	12.4
Región Pachuca - Tizayuca	2,432	21,415	34,914			
Tizayuca	751	14,223	23,550	8.6	47	50.8
Tolcayuca	723	1,950	3,388	16.2	24.3	29.9
Villa de Tezontepec	324	1,047	1,301	6.6	14.2	14.5
Zapotlán de Juárez	203	1,550	2,834	3.2	13.5	19
Zempoala	431	2,645	3,841	3.1	12.4	15.7

Fuente: INEGI, 2000c.

Otra forma de medir la migración, es cuando el lugar de residencia difiere del que se tenía en un momento determinado, generalmente cinco años, se denomina migración reciente (INEGI, 2000:9). En la última década el estado de Hidalgo recibió más personas de las que se fueron hacia otras entidades del país. La región de I Valle de Tizayuca registró un saldo neto migratorio positivo, se observa que la región obtuvo una ganancia de 14,111 personas (cuadro IV.2.3.6). Se puede considerar que los municipios de mayor atracción de la región son: Tizayuca y Zempoala.

² Se le llama inmigrante absoluto cuando el lugar de residencia actual difiere del nacimiento.

Cuadro IV.2.3.6. Saldo Neto migratorio de los municipios (Migración Reciente), 2000.

Localidad	Inmigrantes	Emigrantes	Saldo Neto migratorio
Estatad	97,931	84,759	13,172
Región Valle de Tizayuca	12,082	5,318	6,764
Tizayuca	8,058	3,474	4,584
Tolcayuca	743	180	563
Villa de Tezontepec	582	497	85
Zapotlán de Juárez	900	366	534
Zempoala	1,799	801	998

Fuente: Elaboración propia en base INEGI 2000b.

La región no sólo atrae población de otras entidades del país, sino también residentes del mismo Estado. En el año 2000, se tiene que 31,237 personas de 5 años y más, cambiaron de domicilio a un municipio distinto dentro del mismo Estado. El 70.1% de estos migrantes intermunicipales se fueron a vivir a los municipios comprendidos en el área de estudio.

En Hidalgo se registró que 82,704 personas, alrededor de 11% de la población ocupada estatal trabajan en un municipio distinto al de su residencia. Uno de cada tres desplazamientos laborales intramunicipales se llevó a cabo en la región Pachuca–Tizayuca. Solamente en la región, el municipio de Zapotlán de Juárez tuvo un saldo neto laboral positivo, es decir, recibieron más trabajadores de los que salieron a laborar a otro municipio; el resto de los municipios de la región contó con saldos laborales negativos, es decir, salieron a trabajar hacia otros municipios más trabajadores de los que recibieron. En resumen, se puede decir que en conjunto alrededor de 17% de la población ocupada en el Estado trabaja en una entidad o municipio distinto a su residencia.

Es de destacarse que a diferencia del resto del Estado de Hidalgo, la inmigración de personas hacía los Estados Unidos ha sido baja en los municipios que integran el área de estudio. El municipio con mayor inmigración es Tizayuca con 506 personas, el cual es bajo en comparación con otros municipios del Estado como el mismo municipio de Pachuca de Soto (2,214 emigrantes) ó Singuilucan (777 emigrantes). (Cuadro IV.2.3.7).

Cuadro IV.2.3.7 Emigrantes hidalguenses internacionales, 1995-2000

Localidad	Emigrantes	Porcentaje (*)
Estatad	62,160	100.00
Región Valle de Tizayuca	1200	1.93
Tizayuca	506	0.81
Tolcayuca	143	0.23
Villa de Tezontepec	26	0.04
Zapotlán de Juárez	267	0.43
Zempoala	258	0.42

Pachuca de Soto	2,214	3.56
-----------------	-------	------

Fuente: INEGI, 2000b.

(*) Porcentaje con respecto a los migrantes estatales.

En lo que corresponde a los municipios del Estado de México, se puede apreciar en el cuadro IV.2.3.8, que el municipio de Tecamac tiene una cantidad superior a las 10,000 personas que emigran; sin embargo debido a que la población total del municipio es superior a los 170, 000 habitantes, se considera que su grado de intensidad migratoria es bajo.

Cuadro IV.2.3.8. Migración en municipios del Edo. de México.

Municipio	Población de 5 años y más residente en otra entidad de 1995 – 2000.
San Martín de las Pirámides	744
Tecamac	10, 741
Temascalapa	1, 130
Zumpango	3, 580

Fuente: XII Censo General de Población y Vivienda 2000. INEGI

Situación similar presentan el resto de los municipios en comento, de tal forma que la simbiosis que hay con el sur de Hidalgo de intercambio de recursos humanos, también ha otorgado ha esta zona números positivos, ya que ha emigrado más gente (Hidalgo, Tlaxcala, entre otros) a la región, de la que ha salido de esta (principalmente a la ZMVM y sur de Hidalgo). (Cuadro IV.2.3.9)

Cuadro IV.2.3.9 Grado de intensidad migratoria de los municipios estudiados del Edo. de México.

Municipio	Índice de Intensidad Migratoria	Grado de Intensidad Migratoria
San Martín de las Pirámides	0.75855	Muy Bajo

Tecamac	0.59846	Muy Bajo
Temascalapa	0.68919	Muy Bajo
Zumpango	0.58540	Bajo

Fuente: Estimación de CONAPO en base al XII Censo General de Población y Vivienda 2000.
INEGI

Finalmente se puede concluir con respecto al proceso migratorio de la región Valle Tizayuca que en Hidalgo 43,246 personas, alrededor del 6% de la población ocupada estatal trabajan en otras entidades federativas; principalmente en el Estado de México y el Distrito Federal, entidades que conforman la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), ya que el 73% de los desplazamientos laborales interestatales se dirigen hacia esa Zona. Por otro lado, 28,295 personas llegan de otros Estados a laborar en Hidalgo, el 68% de estos trabajadores arriban del vecino Estado de México y el 12% del Distrito Federal. De la región de Pachuca y el Valle Tizayuca se van a trabajar hacia otras entidades 13,366 personas principalmente la ZMCM 85%, cifra que representa el 31% del total de los desplazamientos laborales hidalguenses. Los municipios de Pachuca de Soto y Tizayuca concentraron dos terceras partes de estos desplazamientos. Derivado de lo anterior, se estima que con la construcción del proyecto del Aeropuerto Metropolitano de México, se generará una dinámica intensa de movimiento poblacional hacia la zona tanto de los distintos municipios del Estado de Hidalgo, así como de los municipios colindantes del Estado de México; cabe destacar que una vez que entre en operación el aeropuerto, se tendrá la necesidad de personal calificado en distintas áreas, profesionistas, ingenieros, entre otros, y la zona donde se cuenta con esta oferta profesional es principalmente la ciudad de Pachuca que es donde se ubican las principales Universidades e Institutos del Estado de Hidalgo, por lo que se prevé una dinámica poblacional de la capital del Estado de Hidalgo hacia el Valle Tizayuca; pero únicamente dentro del aspecto laboral, ya que la mayor parte de la gente regresará a Pachuca a realizar sus actividades no laborales. No es la misma situación para los municipios colindantes del Edo. de México, ya que ha diferencia de Pachuca, no existe la cantidad de Escuelas Superiores, por lo que la oferta laboral de esta zona, será principalmente de un nivel técnico o técnico-superior en el mejor de los casos, presentándose asentamientos regulares (se proyecta la construcción de zonas habitacionales a futuro) y definidos en los alrededores del aeropuerto.

- **Tipos de organizaciones sociales predominantes.**

La región del Valle Tizayuca, siempre se ha caracterizado por ser una zona con una situación social estable, y las principales asociaciones civiles que existen, se enfocan principalmente al aspecto agrícola, como es el caso de la Confederación Campesina de Hidalgo, instalada en la capital del Estado de Hidalgo; sin embargo también han surgido recientemente algunas organizaciones en pro del medio ambiente como la Sociedad Ecologista Hidalguense, ubicada también en Pachuca; es importante hacer mención que la zona cuenta con muy pocas organizaciones con participación en asuntos ambientales (a diferencia de la región Tula-Tepeji), a pesar de esta situación el nivel de sensibilidad de la población para proteger al ambiente ha crecido de forma constante.

En cuanto a los municipios colindantes del Estado de México, cuentan con un mayor número de Organizaciones Ecologistas, esto en parte a que en esa zona los problemas ambientales también son más agudos. Dentro de las ONG's que podemos mencionar están: La Luz de la Ecología en San Martín de las Pirámides y el Patronato por los Derechos Ambientales, de la Laguna de Zumpango, A.C.

- **Vivienda**

La vivienda representa un elemento indispensable para el bienestar de la población, ya que proporciona a las familias y a los individuos seguridad, protección contra el ambiente, resguardo para sus bienes y un espacio para la convivencia. En este apartado se proporciona información del número de viviendas de los municipios que integran la zona del proyecto denominado Aeropuerto Metropolitano de México (Tolcayuca, Villa de Tezontepec y Zapotlán de Juárez), y los municipios aledaños del Estado de Hidalgo (Tizayuca y Zempoala), así como los correspondientes al Estado de México (Tecamac, Temascalapa, San Martín de las Pirámides y Zumpango) en las últimas décadas, así como del acceso a servicios públicos principalmente.

De acuerdo a los datos obtenidos en la región, durante el año 1970 se estimaron 10,842 viviendas, para 1990 la cifra ascendió a 28,332 viviendas, y para el año 2000, la región contaba con 49,088 viviendas. Durante éstas tres décadas el municipio que ha mostrado un crecimiento sostenido es Tizayuca donde, durante 1970 se localizaban el 12.60% de las viviendas de los 5 municipios, para 1990 el 22%, en tanto que para el año 2000, fue del 25%.

En términos generales los 5 municipios que integran el área de estudio en el Estado de Hidalgo han mostrado una tasa de crecimiento media anual en viviendas, positiva. En el último período de 1990-2000, la tasa de crecimiento estatal fue de 3.03, de los cinco municipios analizados dos presentaron una tasa superior a la estatal, destacando principalmente Tizayuca 5.52 y Tolcayuca 5.05. El municipio de Zapotlán se ubico en la media estatal; en tanto que tres municipios de la región tuvieron una tasa de crecimiento media anual menor a la estatal, Villa de Tezontepec 2.98; Zempoala 2.71.

El promedio de ocupantes por vivienda durante 1990 a nivel estatal era de 5.1, y durante el año 2000 disminuyó a 4.5. Los municipios del área de estudio tienen cifras semejantes a las señaladas para el Estado. Esta similitud también se observó en el promedio de ocupantes por cuarto, donde para 1990 a nivel estatal era de 1.6, y para el año 2000 de 1.2 habitantes por cuarto, y en la región, estas cifras no tuvieron variaciones significativas a las reportadas a nivel estatal.

Comparativamente y a manera de referencia, en los 4 municipios en estudio del Estado de México, se detecto que al año 2000 el promedio de ocupantes de los municipios de Tecamac, Temascalapa y San Martín de las Pirámides se ubico en el rango de 4.7, pero para Zumpango el promedio llegó a 5.33; cabe destacar que en estos municipios también han crecido los asentamientos humanos y desarrollos habitacionales, con el fin de satisfacer la creciente demanda de vivienda de personas que en la generalidad son migrantes de otras zonas del país (incluyendo el propio Estado de Hidalgo).

Haciendo referencia a la calidad de los materiales de construcción de las viviendas se han registrado importantes mejoras que favorecen las condiciones higiénicas y de salud para sus habitantes, principalmente con respecto a los pisos de las viviendas. De acuerdo a la información censal de 1990, en el estado de Hidalgo el 70.3% de las viviendas tuvieron piso diferente a tierra, y para el año 2000 la cifra ascendió a 81.76%, datos semejantes presentan los municipios en análisis del Estado de México.

Los servicios de energía eléctrica, agua potable y drenaje representaron elementos indispensables para conocer los niveles de bienestar de la población. En este sentido en el estado de Hidalgo y específicamente en la región del Valle de Tizayuca, así como los municipios del Estado de México estudiados se han observado importantes avances.

Agua entubada

Con relación a la disponibilidad de los servicios básicos en los doce municipios que integran el área, se observaron cambios en los decenios de 1990 y 2000. En ambos períodos en relación con la cobertura de agua entubada en las viviendas, se observaron municipios que han logrado una cobertura cercana al 100%, tal es el caso de: Tolcayuca 93.71 y 98.03%; Villa de Tezontepec 85.58 y 98%; Tizayuca 96 y 97.55%; Zapotlán de Juárez 88.93 y 97.96%; Zempoala 77.22 y 97.18%. Para los municipios del Estado de México, la cobertura del servicio del vital líquido para el año 2000 fue de: Tecamac 97.5%; Temascalapa 87.07%; San Martín de las Pirámides 96.8% y Zumpango 96.88%.

Una característica que es importante conocer con relación al agua, es su frecuencia para su disponibilidad en la vivienda. Para el año 2000, en el Estado de Hidalgo y en la región la categoría "diariamente" fue la más referida en uno y otro caso, con 64.2 y 65% respectivamente. Quienes refieren disponibilidad "cada tercer día", en el Estado es el 18.2% y en la región el 19.7%. "Dos veces por semana" 7.8 y 7.9% respectivamente. Al interior de la región se observaron municipios con porcentajes más altos de disponibilidad "diaria" de agua, como Villa de Tezontepec 91.6%; y Tizayuca 89.5%

Drenaje

Con respecto al servicio de drenaje en la vivienda, se puede señalar que aún cuando es evidente el avance en su cobertura, como es el caso de Tizayuca con 75.03 y 92.16%; y en menor medida; Villa de Tezontepec con 51.73 y 84.68%; Tolcayuca con 57.15 y 87.86%; Zapotlán de Juárez con 46.18 y 84.30%; y Zempoala con 36.84 y 73.68% respectivamente. En cuanto a los municipios referidos del Edo. de México, Tecamac presenta el mayor porcentaje de cobertura al año 2000 con un 94.66%, le siguen en orden de cobertura Zumpango con 89.83%, San Martín de las Pirámides 83.97% y finalmente el municipio más rezagado de todos los expuestos Temascalapa con un 74.95%

En relación con éste servicio es importante saber hacia donde se dirige la conexión del drenaje, situación que evidenciará una mejor disposición de las excretas, y como consecuencia una mejor calidad de vida, fundamentalmente al disminuir los riesgos para la salud. En este sentido, se observó que en la región existieron mejores condiciones que a nivel estatal, ya que en el 91.1% de las viviendas, el drenaje estuvo conectado a la red pública, y la cifra estatal correspondiente fue de 74.6%; con fosa séptica únicamente el

7.3 y 18.8%, y conectado a una tubería que va a dar a una barranca o grieta 1.5 y 4.2%, respectivamente.

Energía Eléctrica

El servicio de energía eléctrica prácticamente se ha generalizado en todas las viviendas del país y del Estado, de tal forma que los cinco municipios estudiados del Estado de Hidalgo y los 4 municipios del Edo. de México comparten este avance. De acuerdo a los datos de 1990 y 2000, encontramos que Villa de Tezontepec 91.45 y 97.63%; Tizayuca 97.80 y 98.59%; Tolcayuca 96.56 y 98.19%; Zapotlán de Juárez 92.58 y 96.76%, y Zempoala 86.41 y 95.15%. En tanto que al año 2000 los municipios del Tecamac (98.78%), Temascalapa (96.36%), San Martín de las Pirámides (98.66%) y Zumpango (98.8%) gozaron de una cobertura generalizada y casi total.

• Urbanización

En el área de estudio se dispone de una amplia y eficiente infraestructura para las comunicaciones por carretera y ferrocarril. Tal es el caso de la actual autopista México-Pachuca; las autopistas México-Tuxpan, Pachuca-Actopan; Tula-Actopan y en proceso de construcción la autopista Pachuca-Tulancingo, Pachuca-Tepeapulco (Cd. Sahagún) y la vía corta de ferrocarril México-Pachuca, todas las cuales pasan a un costado del área del proyecto Valle Tizayuca.

Cabe destacar que las comunicaciones señaladas se coordinan perfectamente con las carreteras México-Tuxpan y Palmillas-Sahagún-Apizaco (en proyecto), así como con tramos carreteros de otros en Estados, lo cual permite conectar por primera vez y prácticamente en línea recta, al Pacífico con el Golfo, además de unir al Norte, Occidente y Sureste del País, constituyendo al proyecto Valle Tizayuca en el detonador de la zona Centro País.

Por otro lado, actualmente la zona de estudio presenta infraestructura hotelera y restaurantera enfocada principalmente al tránsito de carga que se dirige a la ZMVM proveniente del Norte del país, asimismo como ya se expuso en el texto anterior, la región cuenta con una cobertura aceptable de los servicios básicos; sin embargo, dentro de los problemas que se han presentado esta la falta de infraestructura para poder explotar de forma eficaz las áreas agrícolas colindantes al proyecto de Valle Tizayuca, y por el otro lado se observa que han aparecido asentamientos humanos irregulares, los cuales se ubican en los límites de las principales ciudades de la zona como son Tizayuca, Tecamac e incluso Temascalapa.

• Salud y Seguridad Social.

En el Estado de Hidalgo la infraestructura total que atiende a la población abierta, es de 615 unidades médicas, con un total de 801 consultorios generales y 633 camas censables. Adicionalmente, existen en la entidad 5 unidades móviles que complementan la cobertura de la prestación de los servicios de salud de la Secretaría de Salud, así como 758 Casas de Salud que se localizan en 62 municipios en igual número de localidades, en donde los Servicios de Salud de Hidalgo apoyan periódicamente con insumos, medicamentos y atención médica ambulatoria, Programas de Vacunación, Control del Niño Sano, Salud Reproductiva y Planificación Familiar, otros

Tomando en consideración las cifras de población total en la Entidad para el año 2000, resulta para todo el Estado un índice de 0.7640 camas por 1000 habitantes, mientras que para la iniciativa privada el índice es de 0.3512 camas por 1000 habitantes y para el sector público existen 0.4124 camas por 1000 habitantes. El índice de camas que se registra para población abierta, considerando la población existente en este rubro, es de 0.3449 camas por 1000 habitantes (Cuadro IV.2.3.10).

Cuadro IV.2.3.10 Hidalgo: camas por 1000 habitantes

Concepto	Índice sobre la población total
Población total 2000	2'235,594
Camas por 1000 habitantes, sector público	0.4124
Camas por 1000 habitantes, iniciativa privada	0.3516
Camas por 1000 habitantes, población abierta	0.3449
Camas totales	0.7640

Fuente: Servicios de Salud de Hidalgo.

El sistema de salud que corresponde a la iniciativa privada que opera con población abierta, dispone de una infraestructura amplia, si se consideran las instalaciones con camas-hospital. Es importante destacar que la iniciativa privada dispone de un número importante de camas de manera independiente. Participa con 856 camas que representan el 46.02 por ciento del total en el estado; su participación en unidades médicas es de 124, con el 15.38 por ciento y tiene 192 consultorios con el 15.56 por ciento del total del Estado.

Personal médico de las instituciones públicas del sector salud, 2000

El personal médico dependiente de las instituciones de seguridad social y asistencia social³, resulta alto en la región (Cuadro IV.2.3.11).

Cuadro IV.2.3.11 Tasas de atención por parte de las Instituciones Públicas de Salud, 2000

Municipio	Población 2000	Tasa bruta de
-----------	----------------	---------------

Fuente: cálculos propios con base en información censal, INEGI, 2000. para el Edo. de Hidalgo y por el Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Gobierno del Estado de México. Las tasas están calculadas por cada 1000 habitantes

³ Seguridad Social se refiere a las instituciones que prestan servicios a personal que está bajo el régimen de cuotas obrero patronal o voluntario. La Asistencia social se refiere a las instituciones que prestan ayuda a la población abierta pero con subsidio o apoyo económico de Gobierno. Se ha incluido a la Cruz Roja Mexicana, aunque en estricto sentido no pertenece a este grupo.

		atención
Hidalgo	2 235 594	1.40
Tizayuca	45 958	0.96
Tolcayuca	11 262	2.66
Villa Tezontepec	8 894	0.90
Zapotlán	14 825	0.54
Zempoala	24 216	0.54
Región	105 155	0.57
Estado de México		
Tecamac	172813	0.18
Temascalapa	29307	0.34
San Martín de las Pirámides	19694	0.71
Zumpango	99774	0.86

Al interior de la región, se observan grandes diferencias, por ejemplo el municipio de Tizayuca es el que mayor cantidad de Seguridad y Asistencia Social concentra, mientras que los municipios más desprotegidos son Villa de Tezontepec y Zapotlán de Juárez, ambos concentran apenas un 0.25% del total de estos rubros a nivel estatal, lo que se traduce en muy pocas posibilidades de acceso a servicio médico no privado, en cada municipio. En ambos municipios se cuenta con 8 médicos y enfermeras, y exclusivamente de los SSH, sin que existan otras instituciones que brinden asistencia médica a bajo costo. Los trabajadores afiliados a las dependencias de Seguridad Social (IMSS, ISSSTE) tienen que trasladarse hasta la ciudad de Pachuca. De manera semejante se presenta el panorama para los municipios del Estado de México considerados en el análisis, particularmente Zumpango presente una tasa bruta de 0.86 y contrastantemente Tecamac solo un 0.18.

Unidades medicas en servicio de las instituciones públicas del sector salud por municipio

En el Cuadro IV.2.3.12, se observa que del total de Unidades medicas en servicios de las instituciones públicas del sector salud, el 3.27% se ubica en la región del Valle de Tizayuca. Los municipios más beneficiados son Tizayuca y Zempoala con 8 unidades, seguidos de Zapotlán con 4 unidades. Por otra parte, el municipio más desprotegido es Villa de Tezontepec con una unidad médica.

Cuadro IV.2.3.12 Unidades médicas en servicios de las instituciones públicas del Sector Salud

Municipio	Total	IMSS	ISSSTE	PEMEX	IMSS Solidaridad	Asistencia Social SSAH	DIF	Cruz Roja Mexicana
Hidalgo	733	19	43	5	218	436	1	11
Región	24	2	2	0	4	14	0	2
Tizayuca	8	2	1	0	0	3	0	2
Zempoala	8	0	0	0	4	4	0	0

Zapotlán	4	0	1	0	0	3	0	0
Tolcayuca	3	0	0	0	0	3	0	0
Villa de Tezontepec	1	0	0	0	0	1	0	0

Fuente: Anuario Estadístico, INEGI, 2001.

También encontramos que sólo el 8.33% de las unidades médicas de la región, pertenecen al sistema de seguridad social, lo cual es acorde a la baja proporción de personas que disfrutaban de este beneficio (1 de cada 3). El 58.33% de estas unidades en la región corresponden a asistencia social, sobresaliendo las unidades del Sector Salud.

También es de resaltar que sólo el municipio de Tizayuca tiene unidades de hospitalización general y ninguno de hospitalización especializada, el resto de los municipios de la región sólo cuentan con unidades de consulta externa.

En lo referente a los municipios del Estado de México que se han considerado en este apartado, el municipio de Tecamac cuenta con 15 unidades médicas, 8 Temascalapa, 6 San Martín de las Pirámides y 13 unidades Zumpango.

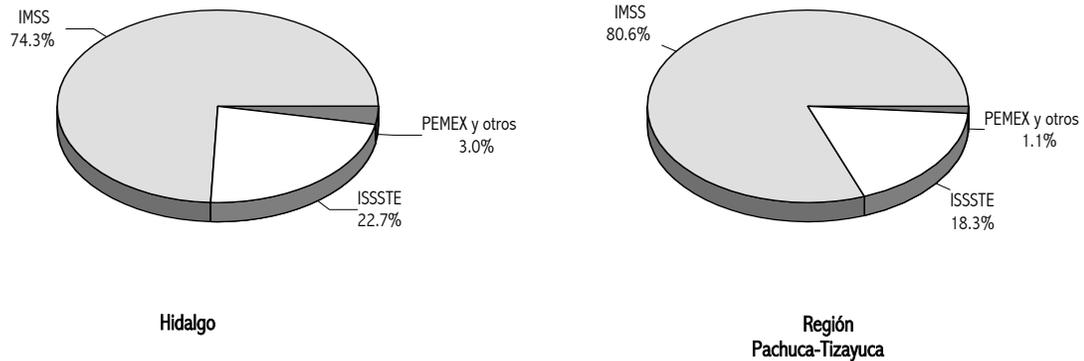
Derechohabiencia

En el Estado de Hidalgo, el 70.70% de la población no es derechohabiente de ninguna institución de salud, ya sea de PEMEX, de la Secretaría de Marina, IMSS e ISSTE. Sólo el 29.30% del total de los hidalguenses es derechohabiente a alguna institución de salud pública. (Figura IV.2.3.3).

El promedio de la región nos indicó que 3 de cada 10 individuos fueron derechohabientes, sin importar edad y grupo etareo, situación ligeramente más beneficiosa que la observada a nivel estatal. Por lo que respecta al grupo de edad y la derechohabiencia, se encontró que las proporciones son relativamente equivalentes en todos los grupos, con un ligero predominio en las edades de 30-39 años.

Figura IV.2.3.3

Región Pachuca-Tizayuca: proporción de población derechohabiente, según municipio, 2002.



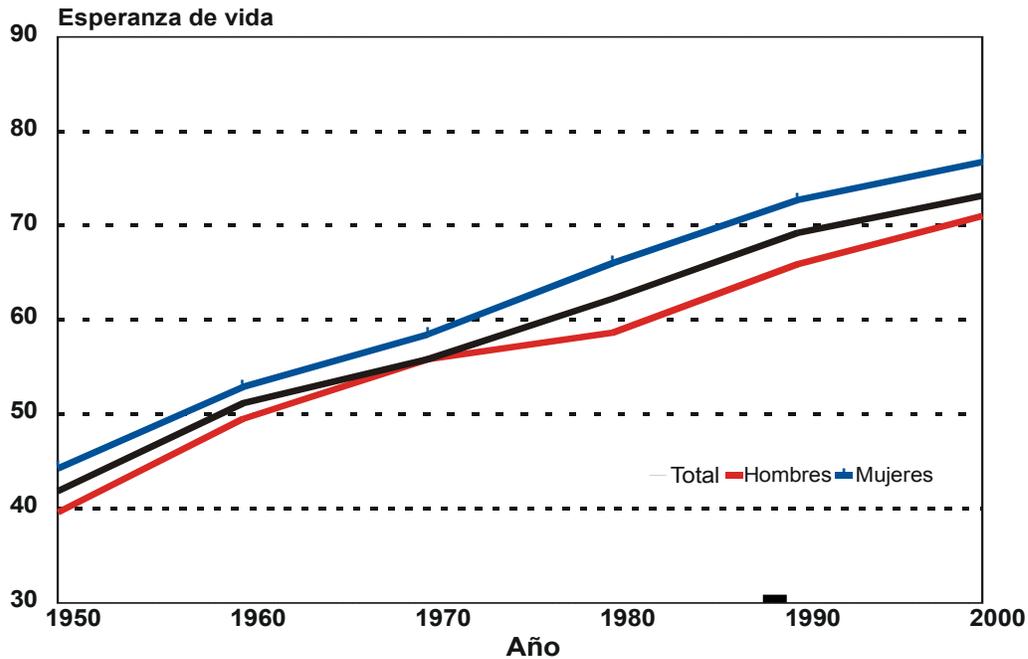
Morbilidad y Mortabilidad

El Estado de Hidalgo ha registrado incrementos en la esperanza de vida de forma muy similar a la observada a nivel nacional, aunque con ritmos diferentes. La esperanza de vida⁴ por grupo de edad y sexo correspondientes a los años 1950-2000 nos muestran los cambios que se han sucedido en esta entidad (Figura IV.2.3.4).

De manera que durante 1950 la esperanza de vida era de 41.83 años, en 1960, la esperanza de vida al nacimiento en Hidalgo podía estimarse en 51.16 años, seis y medio años menos que la esperanza de vida nacional del mismo año; en 1970 la esperanza de vida aumentó a 55.83 años contra 61 años a nivel nacional; entre 1970 y 1980 se incrementó 6.3 años para llegar a 62.25 años, disminuyendo la diferencia respecto al promedio nacional a sólo cuatro años. En 1990 la esperanza de vida en Hidalgo llega a 69.22 años, reduciéndose aún más la diferencia respecto a la esperanza de vida nacional, ya que en ese año el promedio nacional alcanza 70.68 años. Finalmente, en el año 2000 la esperanza de vida en Hidalgo alcanzó los 76.75 años, y en donde las mujeres conservan una mayor esperanza de vida en casi la totalidad de los grupos de edad.

⁴ Se entiende por esperanza de vida, los años promedio que se espera viva un recién nacido, de acuerdo a las características y condiciones de salud, al momento de su nacimiento. La esperanza de vida se calcula a partir de las mortalidades en cada grupo de edad.

Figura IV.2.3.4 Hidalgo: Esperanza de vida total y por sexos, 1950-2000

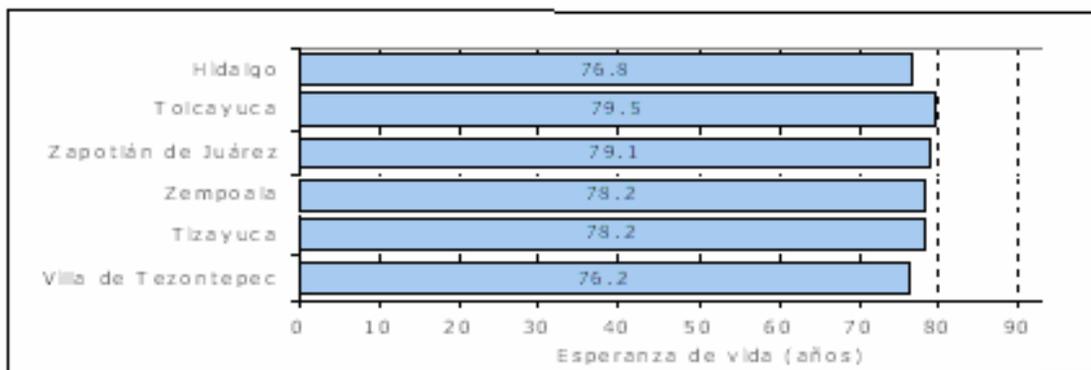


Fuente: INEGI, 1970, 1990 y 2000b

La esperanza de vida mas elevada se encontró en los municipios de Tolcayuca con 79.5 años., seguido de Zapotlán, Tizayuca, Zempoala y Villa de Tezontepec. (Figura IV.2.3.5).

En cuanto a las tasas de mortalidad por grupo de edad y se advierte que los hombres presentan mayores tasas de mortalidad que las mujeres. Esta característica es natural, dado que las mujeres en la etapa temprana de crianza, y en todo el trayecto de su vida, tienen una mayor supervivencia que los hombres; por esta razón encontramos a edades mayores un desfase de mujeres ancianas con respecto a los hombres.

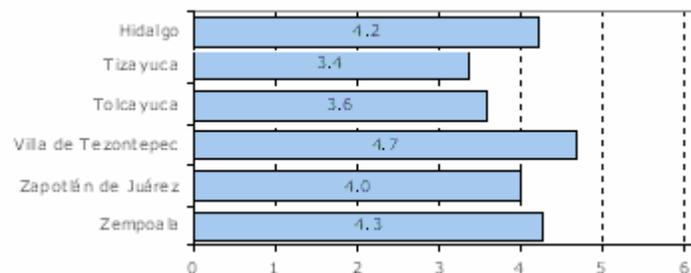
Figura IV.2.3.5 Esperanza de Vida



Fuente: INEGI, 2000 y Sector Salud, 2000.

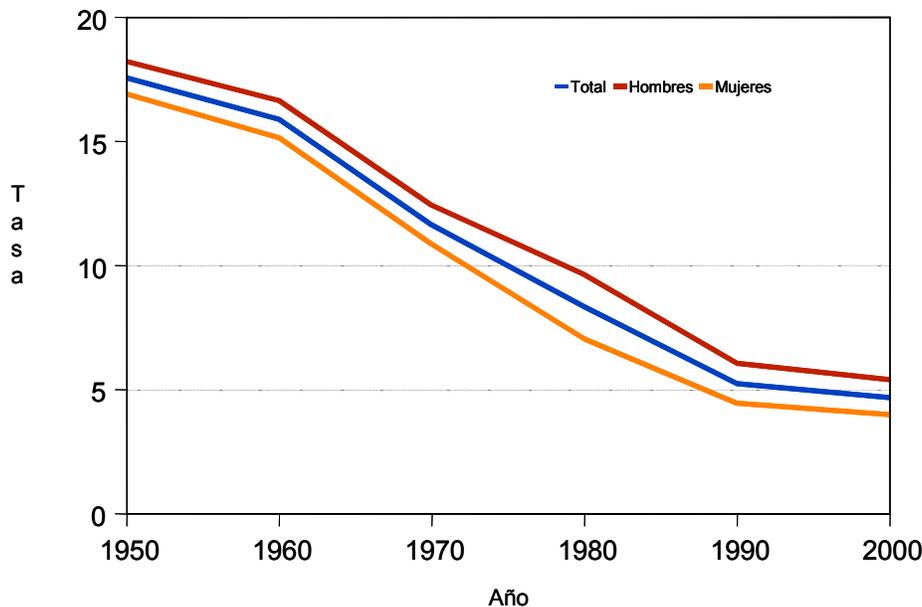
Por lo que respecta a la región, el comportamiento de la mortalidad, de acuerdo a los grupos quinquenales de edad en cada uno de los municipios de esta región es muy variado (Cuadro 30). Los municipios con las más altas tasas es Villa de Tezontepec. Por el contrario, los municipios que presentaron las menores tasas de mortalidad fueron Tizayuca y Tolcayuca. (Figura 15 y Cuadro 30). El comparativo de la mortalidad entre hombres y mujeres, nos indica que la mayor tasa la tienen los hombres, con excepción del municipio de Tolcayuca, en donde la mortalidad es ligeramente mayor en mujeres (Figura IV.2.3.6 y Cuadro IV.2.3.13).

Figura IV.2.3.6. Tasa general de mortalidad, 2000.



Fuente: XII Censo General de Población y Vivienda, INEGI, 2000 y datos estadísticos del Sector Salud

Figura IV.2.3.7 Mortalidad total y por sexos en Hidalgo 1950-2000



Fuente: Cálculos basados en el XII Censo General de Población y Vivienda, INEGI, 2000 y datos estadísticos del Sector Salud

Cuadro IV.2.3.13 Tasas de mortalidad por grupo de edad y sexo, 2000

Grupo de edad	Hidalgo	□	□	Tizayuca			Tolcayuca			Villa de Tezontepec			Zapotlán			Zempoala		
				Total	□	□	Total	□	□	Total	□	□	Total	□	□	Total	□	□
Total	4.2	4.9	3.6	3.4	4.2	2.6	3.6	3.5	3.7	4.7	4.8	4.7	4.0	4.5	3.5	4.3	4.6	4.0
0-1	17.5	18.9	16.1	18.9	23.5	14.1	14.4	16.1	12.3	35.8	20.5	60.2	21.8	18.3	25.5	15.7	16.9	14.5
1-4	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.0	0.0	0.0	0.7	0.8	0.8	0.3	0.0	0.5	0.6	0.6	0.6
5-9	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	0.0	0.1	0.0	0.3
10-14	0.3	0.4	0.2	0.4	0.8	0.1	0.5	0.5	0.6	0.0	0.0	0.0	0.6	1.2	0.0	0.2	0.5	0.0
15-19	0.7	0.9	0.4	0.6	0.9	0.3	0.3	0.0	0.6	0.4	0.7	0.0	1.2	1.7	0.8	0.4	0.5	0.3
20-24	1.0	1.5	0.5	1.5	3.0	0.1	0.9	1.3	0.6	1.2	2.7	0.0	1.2	2.0	0.4	0.6	0.9	0.3
25-29	1.2	1.8	0.7	0.9	1.6	0.3	1.7	0.7	2.5	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	1.0	1.1	1.1	1.2
30-34	1.5	2.2	0.9	1.3	2.0	0.7	1.1	0.7	1.4	1.0	1.1	0.9	1.7	1.3	2.1	0.5	1.1	0.0
35-39	2.0	2.9	1.3	1.7	2.1	1.5	0.4	0.9	0.0	2.8	3.5	2.1	0.7	0.7	0.6	2.2	3.7	0.8
40-44	3.0	4.2	1.9	2.4	3.6	1.2	1.1	1.1	1.1	0.8	1.7	0.0	1.9	1.6	2.2	1.6	0.5	2.6
45-49	4.3	5.6	3.0	4.8	7.1	2.4	2.2	1.7	2.6	3.4	4.5	2.3	2.1	2.2	2.1	5.4	7.3	3.5
50-54	6.4	8.3	4.6	5.6	8.1	2.7	2.6	1.8	3.4	6.5	11.7	2.3	3.5	1.5	5.3	5.5	6.4	4.5
55-59	9.7	11.8	7.6	9.0	11.2	6.9	6.0	7.4	4.6	5.5	7.8	2.9	4.7	6.6	3.0	8.9	7.0	10.8
60-64	12.2	15.5	9.1	14.1	22.0	6.8	12.0	21.8	2.9	8.1	14.8	2.9	9.9	8.2	11.5	7.9	10.6	5.2
65-69	18.7	21.9	15.9	21.7	26.4	16.8	22.0	18.7	25.9	22.2	26.7	16.7	16.7	21.8	10.6	13.0	16.5	8.9
70-74	25.3	28.1	22.6	22.8	22.1	23.5	15.7	18.5	13.7	23.4	25.6	21.2	26.3	40.7	9.1	22.7	16.7	28.4

75-79	39.5	44.0	35.3	41.0	37.9	43.5	21.3	19.6	22.8	48.0	42.4	53.6	43.9	42.2	45.5	29.3	30.1	28.4
80-84	60.4	69.2	53.2	51.8	52.4	51.3	76.6	72.1	81.1	50.0	60.6	37.0	58.3	59.8	57.3	50.2	50.7	49.5
> de 85	118.4	118.0	118.6	139.3	120.4	157.7	128.2	102.6	153.8	147.1	80.8	209.5	93.5	130.4	65.6	152.8	160.9	146

Fuente: Cálculos propios con base en información censal, INEGI 2000; y datos de mortalidad proporcionados por la Secretaría de Salud, 1999, 2000 y 2001. □ Hombres □ Mujeres

Por lo que respecta a la tasa de mortalidad infantil en la región en estudio, el municipio con la tasa de mortalidad más elevada fue Villa de Tezontepec. Los municipios que presentaron las tasas de mortalidad infantil más bajas fueron Tolcayuca y Zempoala.

- **Educación**

Educación primaria

La educación primaria en la región del Valle Tizayuca presentó diversos matices en cada uno de los municipios involucrados. Para el periodo 1993-1994 (Cuadro IV.2.3.14 y la Figura IV.2.3.8) hubo un total de 82 primarias en la región, concentrándose en su mayoría en los municipios de Zempoala y Tizayuca. Mientras que los municipios que presentaron un menor número de escuelas primarias fueron Zapotlán, Tolcayuca y Villa de Tezontepec con 6, 8 y 11 escuelas respectivamente. Destacando que el total de las primarias existentes en la región, representaban el 2.88% del agregado estatal.

Por lo que respecta al número de alumnos para el periodo en mención, hubo un total de 374,300 alumnos en todo el estado, de los cuales 15,960 se encontraron inscritos en esta región, lo que representa el 4.26% (Cuadro IV.2.3.14).

Los municipios con menor número de alumnos inscritos fue Villa de Tezontepec (1,503), Tolcayuca (1,574) y Zapotlán de Juárez (2,128). Por el contrario, los municipios que presentaron el mayor número de alumnos fueron Tizayuca (6,572) y Zempoala (4,183). Cabe destacar que en la región, el municipio de Tizayuca concentró el 41.20% del total de alumnos de primaria para ese ciclo escolar, mientras que Villa de Tezontepec presentó la menor proporción de alumnos de primaria, con apenas 9.40%.

En cuanto al número de profesores de escuela primaria en la región, los municipios de Tizayuca y Zempoala tuvieron el mayor número de profesores con 208 y 142 para ese ciclo escolar. Nuevamente el municipio de Tizayuca presentó el mayor indicador, condensando el 39.2% del total de profesores de la región (Cuadro IV.2.3.14 y Figura IV.2.3.9).

Por el contrario, los municipios que presentaron el menor número de profesores fueron Villa de Tezontepec y Tolcayuca con 49 y 55 profesores respectivamente. El municipio de Villa de Tezontepec presentó el menor número de maestros, apenas el 9.30% del total acumulado de la región.

Cuadro IV.2.3.14 Datos estadísticos sobre escuelas primarias, 1993-1994

Municipio	Número primarias	Total de profesores	Total de alumnos	Alumnos /profesor
Total Hidalgo	2,852	13,278	374,300	28
Villa de Tezontepec	11	49	1,503	31
Tizayuca	24	208	6,572	32

Tolcayuca	8	55	1,574	29
Zapotlán de Juárez	6	72	2,128	30
Zempoala	33	142	4,183	29
Total	82	526	15,960	30

Fuente: Cálculos propios a partir de información proporcionada por la Secretaría de Educación Pública.

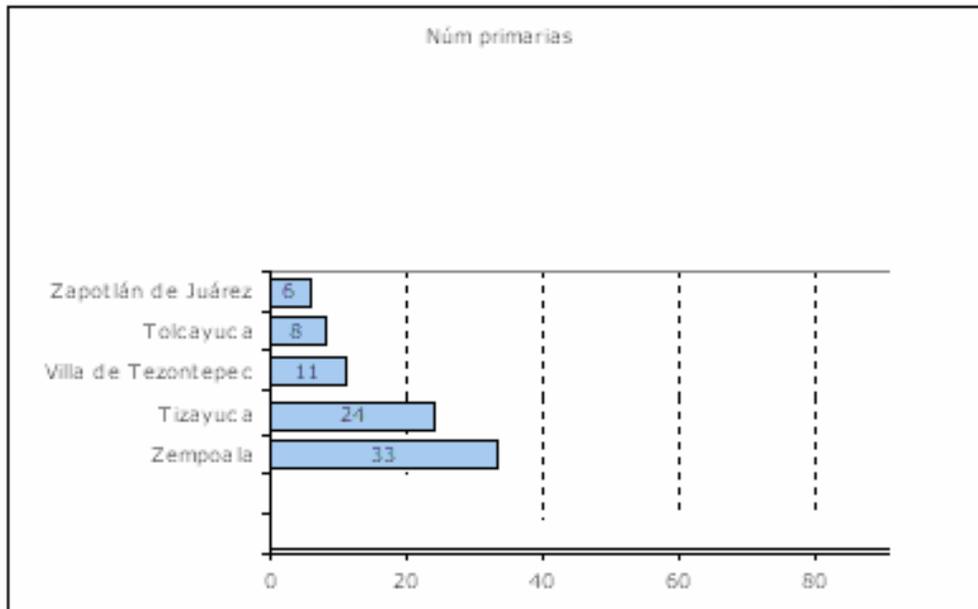
Comparativamente, se puede observar que para los municipios del Estado de México en estudio, la cantidad de alumnos es mucho mayor, lo cual está en razón de que estos municipios y principalmente Tecamac y Zumpango por su cercanía con la ciudad de México, están mucho más densamente poblados; pero de forma inversa la proporción de alumnos por profesor es menor en todos los municipios del Estado de México (25) que para los considerados de Hidalgo (30), particularmente los municipios de Zumpango y Temascalapa ofrecen las mejores condiciones educativas con un promedio de 24 alumnos por maestro, en tanto que Tecamac y San Martín de las Pirámides tienen un valor de 26. (cuadro IV.2.3.15)

Cuadro IV.2.3.15 Datos estadísticos sobre escuelas primarias, 1999 - 2000.

Municipio	Número primarias	Total de profesores	Total de alumnos	Alumnos /profesor
Tecamac	176	1478	38,714	26
Temascalpa	46	284	6,839	24
San Martín de las Pirámides	30	165	4,270	26
Zumpango	106	968	23125	24
Total de 4 Mps.	358	2,895	72,948	25

Fuente: Instituto de Información e Investigación, Geográfica, Estadística y Catastral del Gobierno del Estado de México.

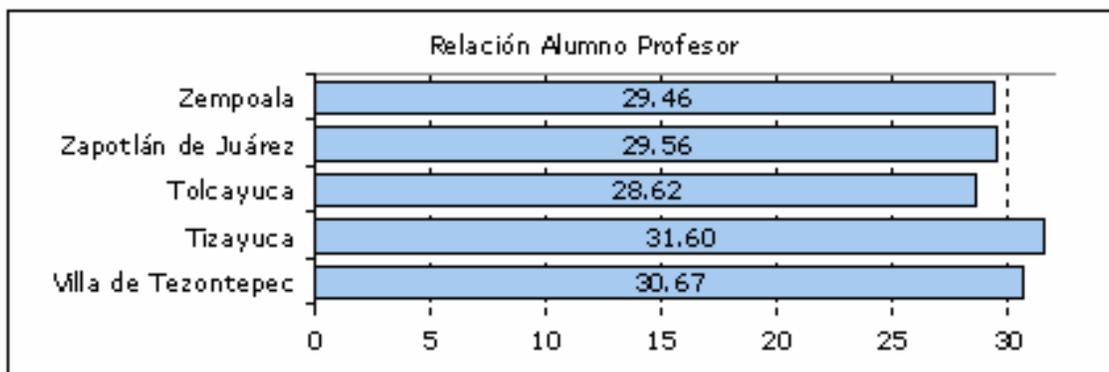
Figura IV.2.3.8 Número de primarias por municipio, 1993-1994



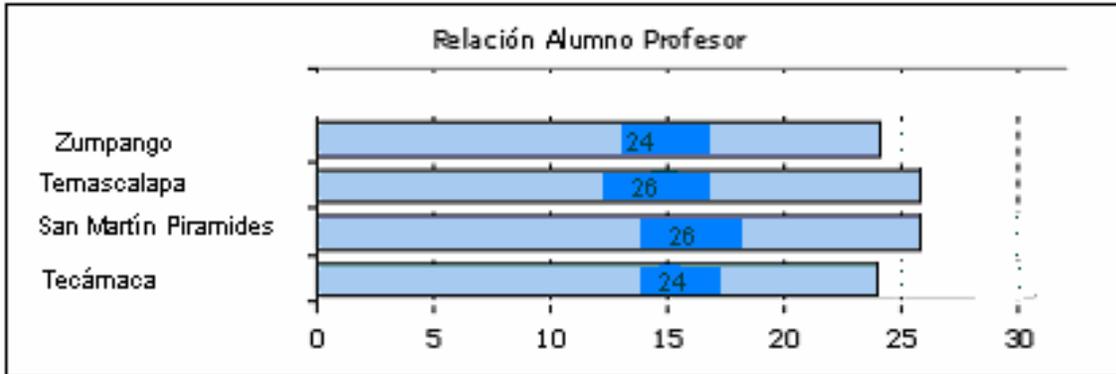
Fuente: Cálculos propios a partir de información proporcionada por la Secretaría de Educación Pública.

Por lo que respecta a la cantidad de alumnos que atiende cada maestro, el promedio estatal para ese ciclo fue de 28; mientras que el promedio regional fue de 30 alumnos por docente, aunque al interior de la región existieron diferencias. El municipio de Tolcayuca presentó un promedio de 28.62 alumnos por profesor, mientras que Tizayuca tuvo un promedio de alumnos por profesor de 32 y Zapotlán de Juárez con 30 (Cuadro 45 y Figura 26).

Figura IV.2.3.9 Proporción de maestros por alumnos de escuela primaria. 1993-1994.



Fuente: Cálculos propios a partir de información proporcionada por la SEP-Hidalgo, 2000.

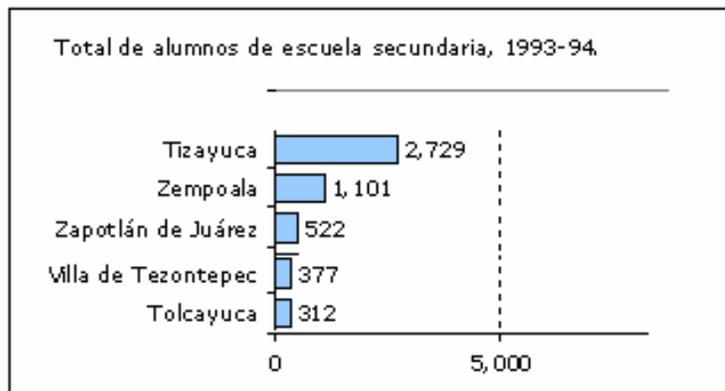


Fuente: Instituto de Información e Investigación, Geográfica, Estadística y Catastral del Gobierno del Estado de México.

Educación secundaria

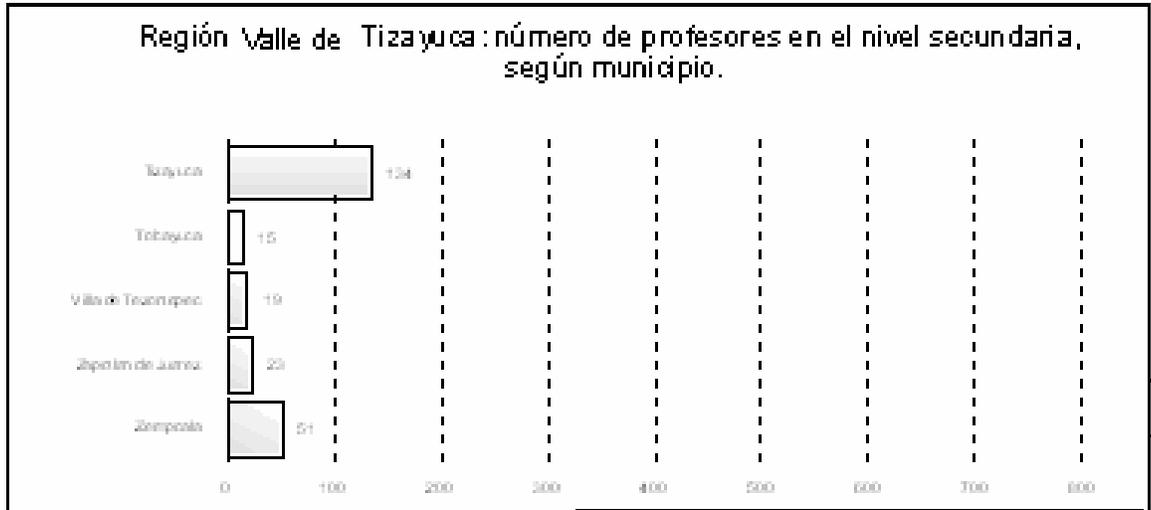
Por lo que respecta a la educación secundaria, analizando el ciclo escolar 1993-1994, se encontró que en el municipio de Tizayuca, es donde hubo un mayor número de alumnos (2,729), mientras que el municipio de Tolcayuca presentó el menor número de alumnos de este nivel (Figura IV.2.3.10).

Figura IV.2.3.10 Total de alumnos de escuela secundaria, 1993-1994



En cuanto a los profesores en escuelas secundarias, encontramos que el municipio más beneficiado es Tizayuca, con 134 docentes, sobrepasando en gran medida a Zempoala, el cual tiene 64 maestros. El municipio más rezagado es Tolcayuca con 15 docentes. (Figura IV.2.3.11).

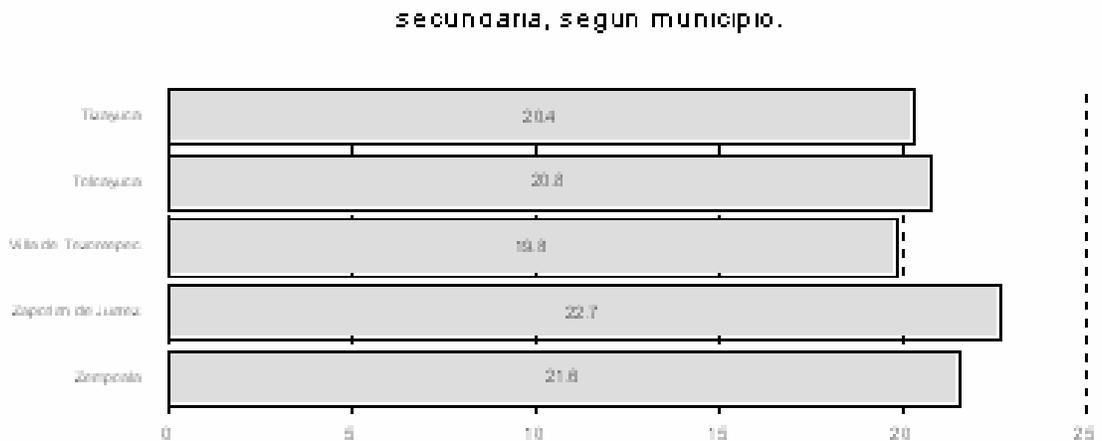
Figura IV.2.3.11 Profesores en el nivel de secundaria según municipio.



Fuente: Cálculos propios con base en información proporcionada por la SEP-Hidalgo, 2000.

Al revisar la relación de alumnos por cada profesor, encontramos que el municipio más beneficiado es Villa de Tezontepec, y en el municipio en donde cada profesor atiende más alumnos es Zapotlán de Juárez (Figura IV.2.3.12).

Figura IV.2.3.12. Promedio de alumnos por profesor de escuela secundaria, según Municipio.



Concentración de índices educativos

De acuerdo a los datos obtenidos del Censo del 2000, encontramos, los grupos etareos⁵ de población de 4 a 30 años componen el 56.22% del total de la población estatal, y que son el grueso poblacional que debería que estar asistiendo en diversos grados a las distintas escuelas de la entidad. El mayor grupo etareo es el de 19–30 años que comprende el 20.19% del agregado estatal, seguido del grupo 6–12 años que representa el 17.44% (Cuadro IV.2.3.15).

Cuadro IV.2.3.15 Proporciones deficitarias en el rubro de educación 2000.

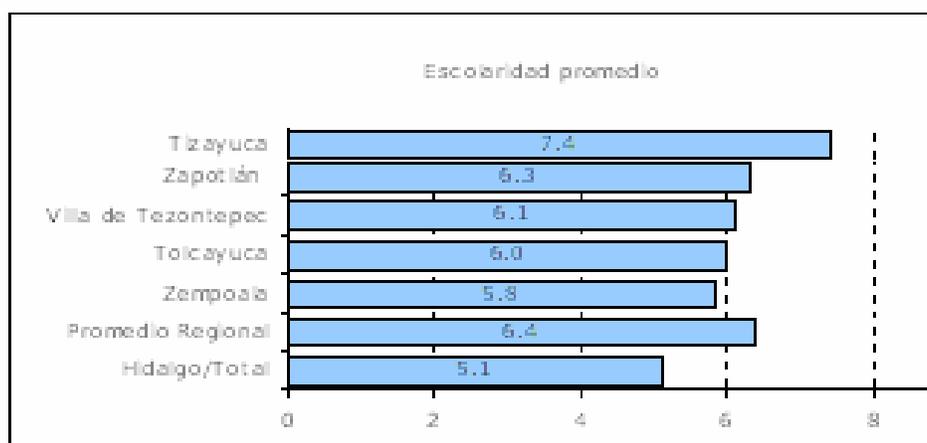
Municipio	Proporción analfabetismo (15 años o mas)	Prop 6-11 años inasistencia escolar	Prop 12-14 años inasistencia escolar	Prop 15-19 años inasistencia escolar	Proporción total inasistencia escolar
Estatal	24.46	10.35	22.58	66.75	33.23
Villa de Tezontepec	13.40	4.70	16.40	65.40	28.83
Tizayuca	8.00	4.70	10.80	56.00	23.83
Tolcayuca	16.50	4.40	13.00	63.90	27.10
Zapotlán de Juárez	12.10	6.30	18.10	63.80	29.40
Zempoala	16.90	7.10	16.20	63.60	28.97

Fuente: Cálculos propios con base en INEGI 1990.

En cuanto al nivel de escolaridad (promedio de años cursados), el promedio estatal se ubicó en 5.1 años, lo que equivaldría a 5º año de nivel primaria, mientras que a nivel regional se ubicó en 6.4 años, es decir primaria completa. Al revisar los diferentes municipios encontramos un buen grado de homogeneidad, ya que por un lado tenemos a Tizayuca con 7.4 años, y después el resto de los municipios en análisis con un promedio de escolaridad de 6 años, lo que habla de un promedio de primaria terminada. (Figura IV.2.3.13).

⁵ Etareo: grupo de población, que nos permite inferir diversos eventos y fenómenos sociodemográficos a partir de la estructura de la población por edad.

Figura IV.2.3.13. Escolaridad promedio de la población de 15 años y más, 2002.



Estos datos se correlacionaron con la proporción de personas sin ninguna instrucción, y en donde los municipios de Tizayuca y Zapotlán presentaron la menor proporción con 9.83 y 11.85%; mientras que Tolcayuca y Zempoala presentaron los promedios más altos con 13.50% ambos, ubicándose todos por abajo de la media estatal y regional (Cuadro IV.2.3.16).

Cuadro IV.2.3.16. Proporción de personas sin instrucción y escolaridad promedio, 2000

Municipio/región	Población 5 años y más	Proporción de personas sin instrucción	Escolaridad promedio
Hidalgo/Total	1,973,968	15.93	5.1
Promedio Regional	74,254	12.24	6.4
Tizayuca	40,875	9.83	7.4
Tolcayuca	10,038	13.50	6.0
Villa de Tezontepec	7,875	12.52	6.1
Zapotlán	13,301	11.85	6.3
Zempoala	21,625	13.50	5.8

Fuente: Cálculos propios con base en INEGI 2000b.

En la región de estudio Tizayuca tiene mayor alfabetismo seguido de Zapotlán y Villa de Tezontepec, mientras que los más atrasados son Tolcayuca y Zempoala, con más de 10 puntos porcentuales de diferencia (Cuadro IV.2.3.17). En número absolutos la interpretación es diferente, Tizayuca y Zempoala concentran la mayor cantidad de analfabetas, mientras que Villa de Tezontepec reporta la menor concentración de personas alfabetizadas.

Cuadro IV.2.3.17 Proporción de alfabetismo y analfabetismo en personas de 15 años, 2000

Municipio	Absolutos			Relativos		
	Pob Total 15 años y más	Total alfabetas	Total analfabetas	Total	Total alfabetas	Total analfabetas
Villa de Tezontepec	5,737	5,238	496	100.	91.60	8.40
Tizayuca	30,077	28,529	1,529	100	94.92	5.08
Tolcayuca	7,483	6,707	775	100	89.64	10.36
Zapotlán de Juárez	10,064	9,236	819	100	91.80	8.20
Zempoala	16,040	14,315	1,716	100	89.30	10.70

Fuente: XII Censo General de Población, INEGI; 2000.

Aspectos culturales y estéticos.

Población Indígena

Históricamente el Estado de Hidalgo se ha considerado como una entidad importante en el volumen de población hablante de lenguas indígenas. En los últimos veinte años del siglo XX, Hidalgo ha ocupado la quinta posición a escala nacional en el monto de población hablante de lenguas indígenas, superado por: Yucatán, Oaxaca, Chiapas y Quintana Roo.

No obstante, los municipios comprendidos en el área de estudio, tienen escasa presencia de hablantes de lengua indígenas; en 1970 albergaban el 0.03% de la población hablante de alguna lengua indígena estatal, aunque en las dos décadas posteriores la proporción aumentó a 0.15% en 1990 y a 0.34% en el 2000 respectivamente. Asimismo no existe ningún centro urbano o rural dentro del área de influencia del Valle Tizayuca, que presente una cantidad interesante de personas que hablen alguna lengua indígena. (Cuadro IV.2.3.18 y IV.2.3.19)

Cuadro IV.2.3.18. Población hablante de lengua indígena (PHLI), 1970-2000

Localidad	Población (PHLI)		
	1970	1990	2000
Estatal	201,368	317,838	339,866
Región Pachuca - Tizayuca	54	481	1,141
Tizayuca	7	309	845
Tolcayuca	6	21	68
Villa de Tezontepec	6	27	54

Zapotlán de Juárez	8	46	72
Zempoala	27	78	102
PHLI de la Región respecto al Estatal	0.03%	0.15%	0.34%

Fuente: Cálculos propios con base en información censal de INEGI.

* Los porcentajes se obtuvieron de dividir la PHLI entre la población total del municipio.

Cuadro IV.2.3.19 Principales localidades de hablantes de lengua indígena (HLI) en el estado de Hidalgo, 2000

Localidad	Municipio	HLI
Huejutla de Reyes	Huejutla de Reyes	8,604
Pachuca de Soto	Pachuca de Soto	6,422
Ixmiquilpan	Ixmiquilpan	4,608
Jaltocan	Jaltocan	4,339
Huitzitzilingo	San Felipe Orizatlán	3,173
San Ildefonso	Tepeji del Río de Ocampo	3,027
Ahuatitla	San Felipe Orizatlán	2,906
Santa Teresa	Yahualica	2,802
Santa Ana Hueytlalpan	Tulancingo de Bravo	2,782
Santa Ana Tzacuala	Acaxochitlán	2,627
Los Reyes	Acaxochitlán	2,459
Chililico	Huejutla de Reyes	2,406
Papatlatla	Calnali	2,214
San Antonio El Grande	Huehuetla	2,085

Fuente: Elaboración propia con base a los principales resultados por localidad. XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

En cuanto a los municipios considerados para el análisis del Estado de México, podemos aseverar que la densidad de población de indígenas en esta zona también es muy baja, incluso muy por debajo del promedio del Estado de México que se observa en el cuadro IV.2.3.20, de 1.01% del área de estudio correspondiente al Estado de México vs Total del Edo. de México de 2.75%; sin embargo el municipio de Tecámac presenta el mayor índice de población indígena entre todos los municipios analizados para este apartado, con un 1.64% de población indígena

Cuadro IV.2.3.20 Porcentaje de población indígena en los municipios en estudio del Estado de México.

Municipio	Población Indígena	Población Total	% de Población Indígena
Tecámac	2387	172,813	1.64
Temascalapa	221	29,307	0.75
San Martín de las P.	151	19,694	0.77
Zumpango	508	99,774	0.51
Total del área	3,267	321,588	1.01
Estado de México	361,972	13,096,680	2.75
Zumpango	508	99,774	0.51

Fuente: Sistema Nacional de Información Municipal de la Secretaría de Gobernación. XII Censo General de Población y Vivienda de INEGI, 2000.

Localización y características de recurso y actividades culturales y religiosas identificadas en el sitio donde se ubicará el proyecto.

La mayor parte de la población que habita la zona del Valle Tizayuca, tiene afinidad con la religión católica, así como su área de influencia que cuenta con importantes iglesias, sin embargo el centro religioso más importante de la zona es el Santuario de la Virgen de Guadalupe, el cual se localiza en el acceso a Villa de Tezontepec, a 1 km de la carretera México-Pachuca, el cual está a no más de 2 km del límite sur de la poligonal del proyecto del Aeropuerto Metropolitano de México.

Valor del paisaje en el sitio del proyecto

Ver apartado IV.4.2.4

ASPECTOS ECONÓMICOS

Población económicamente activa

La Población Económicamente Activa (PEA) Regional pasó de más ocho mil personas en 1970 a más 38 mil en el año 2000. Adicionalmente, también ocurrió un importante aumento en el porcentaje de la población en edad laboral regional con respecto a la Estatal, ya que esta proporción cambia de 15% en 1970 a 24% en el año 2000. El municipio que contó con el mayor número de personas realizando alguna actividad remunerada es Tizayuca, pues concentró el 44% de la PEA de la región (Cuadro IV.2.3.21, Figura IV.2.3.14), el resto se distribuye en los otros 4 municipios.

Cuadro IV.2.3.21 Población Ocupada por Sector de Actividad, 1970- 2000.

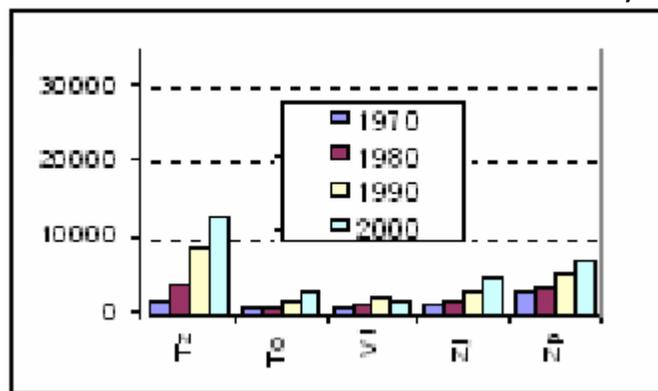
Localidad	1970			1990			2000		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Hidalgo	84,941	7,714	2,241	82,684	24,505	67,712	83,852	09,332	21,091
	0.1	5.5	7.0	7.0	5.2	4.0	5.2	8.7	4.1
Regional	,287	,571	,724	,803	232	,483	050	7363	6849
	1.6	8.31	0.01	2.32	8.26	9.42	0.58	5.38	4.04
Villa de Tezontepec	24	48	00	08	91	03	59	,057	,636
Tizayuca	79	44	92	,335	,306	,018	,366	,887	,715
Tolcayuca	61	81	87	72	42	99	97	,029	,692
Zapotlán de Juárez	49	18	58	63	,220	,359	49	,234	,997
Zempoala	,274	80	87	,925	,173	,604	,479	,156	,752

Fuente: Elaboración propia con base a información del IX, X y XI Censo de Población y Vivienda. Sectores: I (primario), II (secundario), y III (terciario). Los porcentajes no suman 100% porque no se tomaron en cuenta los no especificados.

Otro hecho que destaca en la estructura del empleo en México es la caída porcentual significativa que tienen las actividades primarias. En la región tal proceso también se ha presentado pues en 1970 las actividades agropecuarias representaban el 62% de los ocupados en la región y en el año 2000 este porcentaje se ubicó en 11%. En tanto la proporción del empleo en actividades industriales en ese mismo lapso pasó de 18.31 a 45.38%, lo que habla de un paso en el desarrollo de la región, sobretodo en el municipio de Tizayuca. Pero son las actividades de comercio y de servicios donde el incremento es mayor, ya que el porcentaje de personas ocupadas pasó de 20.10 al 44.04%.

Cuando se examinó la contribución de cada sector en la creación de nuevos empleos, se observó el destacado papel desarrollado por el sector secundario en la creación de puestos de trabajo, ya que en 1970 estas actividades emplearon 1572 personas y en el año 2000 generaron más de 17340 empleos. Las actividades terciarias también han contribuido a la creación de nuevos empleos; de 1724 empleos generados en 1970 pasaron a 16849 en el año 2000. Con el decremento porcentual significativo que el sector primario presenta, en las últimas tres décadas se observa un descenso, de 5,287 personas ocupadas en 1970 a 4,050 personas en el año 2000.

Figura IV.2.3.14 Población Económicamente Activa, 1970-2000



Nota: Tizayuca = Tz; Tolcayuca = To; Zapotlán de Juárez = Zj; Villa de Tezontepec = Vt; Zempoala = Zp

Fuente: Gobierno del estado de Hidalgo, 1990. Gobierno del estado de Hidalgo, Pachuca, 1994. INEGI 1990, 1995 y 2000.

En los últimos diez años la distribución del ingreso por concepto de trabajo en el Estado de Hidalgo y en la región del Valle de Tizayuca ha mejorado. En efecto, si bien el porcentaje de los ocupados que no recibieron ingresos se incrementó de 8.9 a 12.7% en la Entidad y en la región pasó de 2.9 a 4.4%, como resultado del aumento experimentado por las empresas familiares que se insertan en el sector informal, el correspondiente a los que ganan más de dos salarios mínimos en Hidalgo se elevó del 21.6 a 30.1% y en la región se incrementó de 31.7 a 44.9% en el mismo lapso. Al igual que cualquier otra característica socio-demográfica los municipios de la región presentaron diversidad en cuanto los ingresos provenientes por remuneraciones salariales. En la región se destacó que los municipios donde predominaron la PEA en actividades del comercio y servicios la

mitad de su población ocupada percibe más de dos salarios mínimos. En cambio, los municipios de donde el grueso de la población ocupada se insertó en actividades agropecuarias, se contaron las proporciones más altas de trabajadores que no reciben ingresos por su labor o que perciben menos de un salario mínimo. Una alta proporción de empleos en el sector agropecuario, la mayoría de las veces está relacionado con una población que obtiene bajos ingresos ocupacionales.

Actividades económicas principales

La zona de estudio cuenta con uno de los más altos productos internos industriales del Estado. Su principal núcleo de población es Tizayuca. Aunque ese impulso se debe a la dinámica de desconcentración de la Zona Metropolitana del Valle de México. El Gobierno del Estado en su Plan Estatal de Desarrollo promueve "Fortalecer la dotación de la infraestructura necesaria a los centros de mayor población, para impulsar la conformación de núcleos regionales integradores del desarrollo, sin descuidar los centros de producción ya establecidos para fortalecerlos y propiciar ha distribución más equitativa de la población"⁶. Esto se basa en un desarrollo Polar que va acelerar el crecimiento de Pachuca y su zona conurbada y de Tizayuca, Tulancingo y Tepeji del Río.

Tizayuca no ha perdido su dinámica de crecimiento en más de cuatro décadas, mientras que entre 1970 y 1990 creció a tasas muy altas de más de 100%, entre 1990 y el 2000, lo hizo a una tasa de 96%.

Pero en general, en el periodo 1990-2000, el resto de los municipios creció a tasas altas (Cuadro IV.2.3.22), aunque en el caso de Villa de Tezontepec y Zempoala el crecimiento ha sido más lento.

Cuadro IV.2.3.22 Tasas de crecimiento de la población económicamente activa, 1970-2000

Municipio	1970-90	1990-2000
Tizayuca	329.7%	96.0%
Tolcayuca	95.6%	104.6%
Villa de Tezontepec	84.7%	52.4%
Zapotlán de Juárez	137.9%	80.8%
Zempoala	81.5%	47.1%
TOTAL	118.2%	70.2%

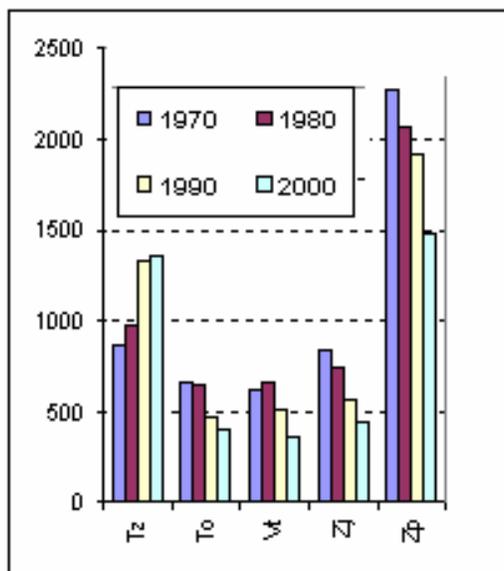
Fuente: INEGI, 1970, 1990 y 2000b.

⁶ Gobierno del Estado de Hidalgo. "Plan Estatal de Desarrollo 1999-2005". Gobierno del Estado de Hidalgo, Pachuca , Hgo. 2000

- **Agricultura**

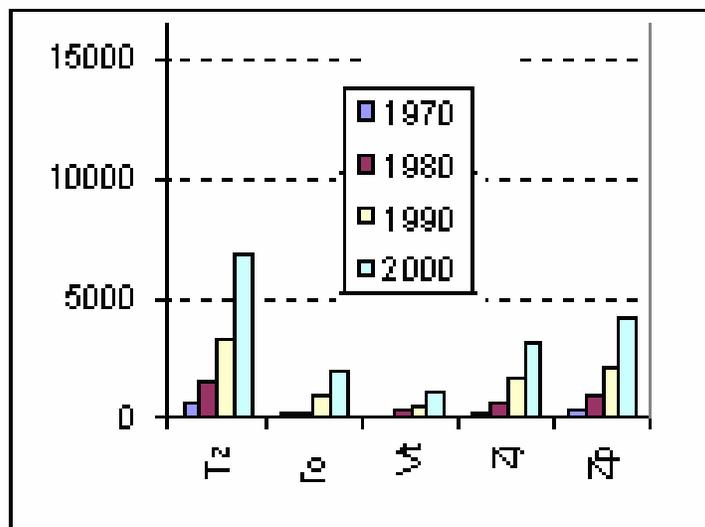
En cuanto a las actividades económicas, hay que resaltar que las primarias han perdido importancia; mientras que en 1970 ocupaban el primer sitio, mientras la población empleada, para 1980 cedió su sitio a las actividades terciarias, pero aún estaba por encima de las secundarias y para 1990 pasó al último lugar. Excepto en el municipio de Tizayuca que su agricultura de riego y de alta productividad muestra un ligero aumento del personal empleado en esas labores. Los municipios más cercanos a los principales núcleos urbanos son aquellos en que la disminución ha sido más drástica, esto se explica, por un lado por el crecimiento físico de las ciudades que han desplazado a la agricultura y por el otro porque las actividades netamente urbanas son más rentables que las primarias (Figuras IV.2.3.15 y IV.2.3.16). Si se analizan las cifras totales del Cuadro 58, se muestra que el cambio en el peso ocupacional se debe a un aumento del personal ocupado en las actividades secundarias y terciarias que a una disminución crítica de las actividades primarias.

Figura IV.2.3.15. Actividades Primarias, 1970-2000.



Nota: Tizayuca = Tz; Tolcayuca = To; Zapotlán de Juárez = Zj; Villa de Tezontepec = Vt; Zempoala = Zp,
Fuente: Gobierno del estado de Hidalgo, 1990". Gobierno del estado de Hidalgo, Pachuca, 1994. INEGI, 1990, 1995 y 2000b.

Figura IV.2.3.16 Actividades Económicas Secundarias, 1970-2000



Nota: Tizayuca=Tz; Tolcayuca = To; Zapotlán de Juárez = Zj; Villa de Tezontepec = Vt; Zempoala = Zp

Fuente: Gobierno del estado de Hidalgo, 1990". Gobierno del estado de Hidalgo, Pachuca, 1994. INEGI, 1990, 1995 y 2000b.

El clima es el factor fundamental que determina las actividades primarias. El clima predominante de la región es seco estepario. Es preciso mencionar que ese clima se extiende por toda la zona plana y semiplana. En estas condiciones se practica las actividades agrícolas con sólo el 2% es de riego y el resto de temporal.

En este sentido, dominan los productos agrícolas de la zona seca. La cebada en grano o maltera es el más importante. Los municipios que destacaron son Zempoala y Zapotlán, ya que sobrepasan el 45% de la superficie dedicada a ese cultivo. La característica principal es de suelos planos de poca profundidad con un clima seco. Este cultivo es el que conserva el mayor valor, para la producción de 2001 se obtuvo más de 154 millones de pesos.

La superficie cosechada de maíz es pequeña en relación de la cebada y ocupa alrededor de 22% de la superficie. Es necesario mencionar que este cultivo se practica sobre pendientes muy fuertes y que esta condición esta acelerando la erosión de los suelos de estos municipios. En la zona, el caso de Zapotlán es interesante con tan sólo 7% cosechado para maíz. Los municipios que tienen una menor superficie cosechada son aquellos que tienen una menor precipitación.

El otro cultivo importante es el frijol, pero se debe mencionar que sólo ocupa una pequeña superficie de la región. El resto de los cultivos no rebasa el 2% del total, incluso cultivos como el maguey y el nopal que son básicos para el control de la erosión tienen superficies muy pequeñas.

• **Industria**

Entre 1970 y 1980, las actividades secundarias en el municipio de Tizayuca muestran un crecimiento considerable. Mientras que los municipios restantes se mantienen sin cambios. Pero entre 1980 y el 1990, todos los municipios presentan un incremento; en ellos, se ha

triplicado el número de empleados industriales, el más destacado es Tizayuca con un crecimiento de 5,851 empleados seguido de Zapotlán (Cuadro IV.2.3.24).

Cuadro IV.2.3.23 Establecimientos industriales, 1989-1999.

Municipios	Unidades Económicas		
	1989	1994	1999
Tizayuca	80	225	263
Tolcayuca	7	16	21
Villa de Tezontepec	13	34	31
Zapotlán de Juárez	38	53	92
Zempoala	18	22	0
TOTAL	156	350	407

Fuente: INEGI, Censos Económicos, 1989, 1994 y 1999.

Se puede establecer que esta actividad es la que va a marcar el crecimiento de toda la región en tanto que beneficia a los habitantes de las pequeñas poblaciones para de esta manera retenerlos con más empleos. Este fenómeno por sus características no es temporal, ya que ha resistido el periodo más difícil de la recesión mundial, y aún esta presentando tasas positivas de crecimiento y esta situación es parte de esa ampliación del fenómeno urbano metropolitano.

Industrialmente (Cuadro 59), la región del Valle Tizayuca, ha tenido un crecimiento considerable en los tres últimos periodos censales económicos (1989-1999), con alrededor de 407 establecimientos industriales. En los municipios de Tizayuca y Villa de Tezontepec se incremento de manera significativa el número de establecimientos en el lapso de 1989-1994 (más de 200%), bajando el ritmo de crecimiento entre 1994-1999. El resto de los municipios ha estado creciendo, desde 1989, de manera continua y homogénea. Municipios como Tizayuca son elegidos por los empresarios, porque cuentan con la infraestructura necesaria para la localización industrial, tienen una comunicación directa con los grandes núcleos urbanos y con la mano de obra calificada y suficiente para su funcionamiento.

El número total de personal empleado (Cuadro 60) en el municipio de Tizayuca, tuvo un aumento muy considerable (4,708). Estas cifras son las mas altas del estado. Pero, Tolcayuca tiene una tasa alta de crecimiento de personal, mientras en 1989 apenas contaba con 195 empleados industriales en 7 micro empresas, actualmente cuenta con más de 900 en 21 empresas con promedio de empleo de más o menos 44 empleados, que muestran principalmente empresas medianas y algunas grandes.

Cuadro IV.2.3.24 Personal empleado en la industria, 1989-1999.

Municipios	Personal Ocupado		
	1989	1994	1999
Tizayuca	2,797	5,686	8,648

Tolcayuca	195	504	933
Villa de Tezontepec	59	140	347
Zapotlán de Juárez	102	174	530
Zempoala	205	247	0

Fuente: INEGI 1989, 1994 y 1999

La orientación industrial de la región es heterogénea, en ella predomina la industria química, la de productos metálicos, alimenticia y la de productos de papel, aunque la industria textil en personal empleado tiene un mayor impacto que el resto de las ramas industriales.

Las remuneraciones industriales son bajas en la mayoría de los municipios incluso en los más alejados y rurales no ha existido crecimiento, es el caso de Zempoala, pero en los núcleos urbanos, (Tizayuca) han aumentado cada periodo censal en más del 100%, incluso ese crecimiento se muestra en los municipios conectados directamente por la carretera México-Pachuca, como Tolcayuca, Zapotlán y Villa Tezontepec, esto es indicativo, porque es en las ciudades de primer orden donde se concentran las industrias que necesitan personal más calificado y por lo tanto se ofrece una mayor percepción al empleado (Cuadro IV.2.3.25). Tizayuca es la ciudad que concentra un mayor número de empleados industriales superando incluso a la capital del Estado Pachuca.

Cuadro IV.2.3.25 Remuneraciones totales al personal industrial, 1989-1999

Municipios	Remuneraciones Totales		
	1989	1994	1999
Tizayuca	15,635.9	114,530.0	284,560.0
Tolcayuca	1,044.8	7,745.0	20,414.0
Villa de Tezontepec	126.9	1,260.6	7,000.0
Zapotlán de Juárez	96.3	622.5	5,486.0
Zempoala	521.3	1,764.5	1,764.5

Fuente: INEGI 1989, 1994 y 1999

Los resultados del valor de la producción son similares a los de las remuneraciones. Categóricamente Tizayuca tuvo un crecimiento mayor al 100%. Se debe señalar que el producto industrial de Tolcayuca y Zempoala en el último periodo censal fue muy interesante, reforzando la idea de migración industrial del núcleo central de Tizayuca a otros municipios (Cuadro IV.2.3.26).

me

Cuadro IV.2.3.26 Valor de la producción industrial en la región Pachuca-Tizayuca, 1989-1999.

Municipios	Producción Bruta Total		
	1989	1994	1999
Tizayuca	181,791	820,211.0	2'235,000.0
Tolcayuca	33,832.9	25,004.2	173,167.0
Villa de Tezontepec	1,086.6	0.0	0.0
Zapotlán de Juárez	374.3	2,282.2	23,698.0
Zempoala	2,278.4	7,407.9	-

Fuente: INEGI 1989, 1994 y 1999

Con el valor agregado se define claramente la situación de las empresas de los municipios que forman la región, por un lado tenemos a los municipios con un bajo valor agregado como Zempoala, en las que se encontraron microempresas de ensamblado textil. Las de un valor agregado medio como Tolcayuca, Villa Tezontepec y Zapotlán, que han tenido un crecimiento significativo para el número de empresas que se asientan en el municipio. Y las de alto crecimiento como son Tizayuca.

Cuadro IV.2.3.27 Valor agregado en la producción industrial, 1989-1999

Municipios	Valor Agregado Censal Bruto		
	1989	1994	1999
Tizayuca	37,959	204,282.0	525,542.0
Tolcayuca	4,482.3	6,239.9	29,260.0
Villa de Tezontepec	295.4	2,814.9	12,440.0
Zapotlán de Juárez	374.3	1,401.9	11,088.0
Zempoala	495.6	3,424.5	3,424.50

Fuente: INEGI 1989, 1994 y 1999.

En Tizayuca, la industria ha sido el motor del crecimiento poblacional desde 1960, ésta casi se duplica cada 10 años. Esto a pesar que el ritmo de crecimiento disminuye levemente en los años noventa. Entre 1990 y 2000 se asentaron alrededor de 10,793 personas, que significa un aumento de más del 50% de la población. Con esto el municipio alcanza la cantidad de 33,182 habitantes.

Tizayuca es actualmente considerado un municipio más de la zona Metropolitana del Valle de México, esto se verifica al estudiar los flujos económicos que tienen como destino el

D.F., su crecimiento urbano es sumamente intenso y ha desbordado sus límites políticos. La principal dirección de crecimiento se efectúa hacia el Estado de México. Sin embargo, el crecimiento secundario se lleva a cabo sobre la carretera a Pachuca, con una intensidad elevada sobre los municipios de Tolcayuca y en menor medida Zapotlán (el límite de influencia de Tizayuca llega hasta este municipio). Esto se verifica al observar que los dos municipios han crecido con tasas de entre 25 y 45% y los dos observan el mismo comportamiento.

- **Actividades terciarias**

En las últimas dos décadas las actividades terciarias en los municipios que comprenden el estudio han mostrado una amplia capacidad para generar empleo. El aumento del personal remunerado en la zona de estudio correspondió en un 65% a los sectores comerciales y de servicios; debido en buena medida a la heterogeneidad de las actividades que comprende, las cuales están muy ligadas a la demanda que genera el rápido crecimiento poblacional en algunas áreas de esta zona de estudio.

En las últimas dos décadas se ha dado una transformación de las actividades comerciales en la región, se construyeron grandes centros de autoservicios, asociados a cadenas y conglomerados nacionales y extranjeros, además se ha visto una acelerada proliferación de franquicias comerciales. Esto ha provocado que las unidades económicas comerciales del Estado se concentren en esta región, así como de Pachuca. Más de la mitad de las remuneraciones salariales de las actividades comerciales que se perciben en el Estado se concentran en esta región.

Cuadro IV.2.3.28 Características principales de las unidades económicas comerciales, 1998

Municipios	Unidades Económicas			Personal	Remuneraciones	Valor Bruto de la Producción
	Total	Productoras	Auxiliares	Ocupado	Miles de pesos	
Hidalgo	29,278	28,969	309	57,208	610,208	3,846,491
Tizayuca	914	913	1	1,806	20,317	148,046
Tolcayuca	129	128	1	171	4,332	4,232
Villa de Tezontepec	131	131		211	384	7,283
Zapotlán de Juárez	290	290		419	484	10,045
Zempoala	121	121		165	149	6,411

Fuente: Censos Económicos de 1999.

Cabe hacer mención que al igual que las actividades comerciales las actividades de servicios no financieros se realizan en la capital del Estado, principalmente tres de cada cuatro unidades económicas de estas actividades se encuentran operando en el municipio de Pachuca, el 80% del personal ocupado de la región se localiza en ese municipio, asimismo el 87% de las remuneraciones salariales de la región se perciben en el municipio de Pachuca. Por último, el 85.3% del valor bruto de la producción se generó en Pachuca,

lo cual deja a nuestra región en análisis con poca presencia en el rubro. (Cuadro IV.2.3.29)

Cuadro IV.2.3.29 Características principales de las unidades económicas de servicios no financieros, 1999.

Municipios	Unidades Económicas			Personal	Remuneraciones	Valor Bruto de la Producción
	Total	Productoras	Auxiliares	Ocupado	Miles de pesos	
Hidalgo	17,50	17,370	131	48,979	651,596	2,523,705
Pachuca de Soto	4,382	4,220	62	15,279	254,423	1,052,707
Tizayuca	694	688	6	2,135	29,036	122,219
Tolcayuca	38	38	0	55	94	1,190
Villa de Tezontepec	50	50	0	87	153	2,656
Zapotlán de Juárez	98	98	0	211	318	2,345
Zempoala	63	63	0	90	15	2,628

Fuente: Censos Económicos de 1999.

Desempleo

Area geográfica		XII Censo General de Población y Vivienda 2000/Empleo/				
		Total de la población de 12 años y más económicamente inactiva estudiantes 2000	Total de la población de 12 años y más económicamente inactiva personas dedicadas a los quehaceres del hogar 2000	Total de la población de 12 años y más económicamente inactiva jubilados y pensionados 2000	Total de la población de 12 años y más económicamente inactiva incapacitados permanentemente para trabajar 2000	Total de la población de 12 años y más económicamente inactiva que tiene otro tipo de actividad 2000
13066	Villa de Tezontepec	740	1 769	43	41	608
13069	Tizayuca	5 180	7 692	358	95	2 357
13075	Tolcayuca	941	1 947	78	290	708
13082	Zapotlán de Juárez	1 329	2 678	109	50	998
13083	Zempoala	2 357	4 843	175	94	1 549
15075	San Martín de las Pirámides	1 708	3 421	94	63	1 258
15081	Tecamác	17 931	27 613	1 814	439	11 272
15084	Temascalapa	2 510	4 950	134	67	2 463
15120	Zumpango	10 141	18 222	572	294	6 107

Competencia por el aprovechamiento de los recursos naturales entre los diferentes sectores productivos.

Tizayuca, actualmente, tiene una extensión de 29.05 km² (cálculos propios) de los cuales la industria ocupa alrededor de 13 km² y los asentamientos humanos y comerciales de 16.05 km². El problema principal es que la zona industrial ha quedado envuelta por los asentamientos humanos y la nueva industria que ha llegado al municipio se asienta en la vecina población de Huitzila o en el Estado de México. Si el estado de Hidalgo quiere retener esas industrias debe ofrecerle a los industriales sitios en la zona industrial del sur de Pachuca que con una vialidad perimetral cercana a la población de Zempoala y que

bordee la planicie hasta conectarse con la carretera México–Pachuca que brindaría la misma ventaja de localización que Tizayuca, esto con el fin de planear los asentamientos que se están incrementando rápidamente como efecto de la desconcentración y saturación de la ciudad de México y su zona conurbada.

Otro aspecto de importancia jerárquica es la disponibilidad del recurso agua en la zona, como ya se menciona el Valle Tizayuca, se ubica en el acuífero denominado: Cuautitlán-Pachuca, el cual es explotado tanto para brindar de agua a la capital del Estado de Hidalgo, poblaciones del sur del estado (Valle Tizayuca), así como a la zona conurbada de la ciudad de México, y según estadísticas del Agua en México, edición 2003, esta sobreexplotado, ya que la extracción es superior a la recarga al menos en un 10%, esto debido muy probablemente a las presiones demográficas, por el crecimiento de la zona conurbada de la ciudad de Pachuca, el mayor asentamiento poblacional registrado y por el importante desarrollo industrial.

V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES AL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL.

V.1. Identificación de las afectaciones a la estructura y funciones del sistema ambiental regional.

El sitio donde se proyecta construir el Aeropuerto Metropolitano de México, presenta rasgos de una fuerte perturbación del medio ambiente, ya que la cobertura vegetal nativa, ha sido desplazada por áreas de cultivo, el ecosistema ha sido fragmentado en varios manchones aislados en donde se localiza la fauna de la zona (zonas más altas del Valle Tizayuca), los cuerpos de agua superficial están contaminados en un nivel severo (Río de las Avenidas y presa El Manantial) y el acuífero Pachuca-Cuautitlán que se localiza en la región presenta sobreexplotación. De tal forma los impactos ambientales que provocará el proyecto pueden ser mitigables.

Del análisis efectuado en el capítulo anterior de este documento, se pudieron identificar 4 impactos relevantes y dos más con una intensidad menor.

En primer lugar el cambio de uso de suelo de agrícola a servicios e infraestructura, no solamente del proyecto que nos ocupa, sino también de otros proyectos productivos que serán desarrollados a mediano plazo (zona industrial franca), provocará una afectación a la estructura fisicoquímica del suelo, disminuirá la capacidad de regeneración del mismo y por ende se puede producir un mayor nivel de erosión. El segundo efecto derivado del cambio de uso de suelo será la disminución de la superficie de infiltración de agua pluvial hacia el acuífero, toda vez que la obra plantea la construcción de planchas de concreto, edificios y vías de acceso.

En tercer lugar tanto la construcción del proyecto como su operación generará emisiones tanto de partículas en suspensión a la atmósfera como sustancias químicas y ruido, producto de la combustión de las aeronaves, vehículos automotores y el ferrocarril, esta situación provocará cierto grado de contaminación en la región, pero gracias a que la zona corresponde a un valle abierto en el sentido Norte-Sur y la zona presenta un viento moderado la mayor parte del año, la calidad del aire y las condiciones de dispersión son buenas, por lo que la mayor parte de los impactos serán reducidos de forma natural. En este sentido, cabe mencionar que la mayor parte de las partículas en suspensión terminarán en los cuerpos de agua superficiales que existen en la zona, lo cual contribuirá a la contaminación de los mismos.

El cuarto aspecto que se verá alterado por el asentamiento del proyecto del Aeropuerto Metropolitano de México será el medio socioeconómico; ya que como se ha mencionado el proyecto que nos ocupa será el motor impulsor del megaproyecto Valle Tizayuca, el cual plantea la instalación de parques industriales, zonas de servicios y una mejora en la infraestructura de comunicaciones entre otros, lo que repercutirá en la generación de empleos, mayor nivel de ingresos, mejor calidad de vida, pero también el crecimiento poblacional de la zona, pero de forma ordenada y regulada.

Finalmente los otros dos aspectos que tendrán un impacto negativo a la región, aunque en menor medida que los arriba señalados son en primer lugar el aspecto de flora y fauna, ya que con el cambio de cobertura de suelo, disminuirá el patrón de dispersión de la vegetación y las especies que la habitan serán desplazadas a las zonas aledañas al proyecto, que continuarán con su vocación agrícola. Es importante mencionar que a mediano y largo plazo, una vez puesto en marcha el megaproyecto Valle Tizayuca, la presión se incrementará hacia las áreas menos perturbadas que son donde aún se encuentran las comunidades de flora y fauna nativa, por lo que es necesario establecer programas para su rehabilitación y preservación. El segundo aspecto que también se verá afectado es el paisaje visual de la zona, sobretodo por la construcción de la infraestructura de la terminal de carga, edificios, caminos, crecimiento urbano e industrial, lo cual transformará el paisaje rural agrícola a un escenario urbano y de servicios.

V.1.1 Construcción del escenario modificado por el proyecto

El hecho de construir una terminal aérea de carga con sus respectivas zonas anexas de logística en una zona cuyas características ecológicas ya han sido impactadas en un alto grado por las actividades antropogénicas, disminuye la posibilidad de que el proyecto cause impactos ambientales altos, ya que estos ya se han efectuado con anterioridad, como la pérdida casi en su totalidad de la vegetación nativa de la región, preservada únicamente en relictos donde el acceso es complicado, de tal forma que la fauna nativa también ha tenido que desplazarse en el mejor de los casos a esta zona, sino es que definitivamente ha sido extirpada de la región.

Por otra parte, se está generando un desequilibrio regional gradual y progresivo por el acelerado crecimiento de la Zona Metropolitana de Pachuca y la localidad de Tizayuca, provocando una estructura bipolar, y por lo tanto han surgido presiones por la ocupación irregular de áreas urbanas en el corredor que se forma entre los dos núcleos arriba mencionados e incluso entre Tizayuca y Tecamac sobre la carretera 85.

El agua subterránea confinada al acuífero de Pachuca-Cuautitlán está siendo sobre explotado y las aguas superficiales tienen un alto grado de contaminación, por lo que la instalación del Aeropuerto Metropolitano de México, más que dañar al ambiente, le ofrecerá mejores condiciones de desarrollo, ya que al ser el motor impulsor del megaproyecto Valle Tizayuca, permitirá en primer lugar eliminar las dinámicas espaciales negativas de los asentamientos irregulares, la suburbanización y la urbanización, fenómenos que ya se vienen presentando, permitiendo una planeación anticipada de las inversiones productivas y de infraestructura, distribuyendo la población en el territorio de manera acorde con las restricciones ecológicas, y otorgando protección a las zonas agrícolas de alta productividad, así como las unidades de alto valor ecológico. En conclusión, se generará una ocupación ordenada del territorio, posibilitando la atención de la población con menores gastos sociales y presupuestales, lo cual contribuya a un crecimiento económico sustentable, que otorgue un mejor nivel de vida a los habitantes actuales y futuros de la región.

V.1.2 Identificación y descripción de las fuentes de cambio, perturbaciones y efectos.

El principal factor que modificará el entorno, será la propia construcción del Aeropuerto Metropolitano de México, como ya se ha descrito, modificará la cobertura vegetal, reducirá la superficie de infiltración, modificará el paisaje de rural agrícola a urbano y de servicios, y a pesar de que tanto la flora como la fauna presentan un grado de perturbación profunda en el

predio donde se asentará el proyecto, también tendrán cierto grado de afectación, ya que serán orillados a buscar refugio en las zonas aledañas al proyecto (de cultivo).

Otro factor que provocará afectación al sistema ambiental será en primer lugar el propio proceso constructivo, que al hacer movimiento de tierras provocará dispersión de partículas en suspensión, y una vez en operación, se presentará un incremento de tráfico vehicular, así como el propio tráfico aéreo y ferroviario que causarán ruido, contaminación ambiental y de los cuerpos de aguas superficiales, así como un incremento en el riesgo por accidentes a los habitantes de las poblaciones más cercanas.

Finalmente en un mediano y largo plazo, el proyecto como motor impulsor del crecimiento económico de la región, provocará un incremento en la dinámica poblacional, potenciando el cambio de las zonas rurales a urbanas en las zonas de pie de monte del Valle, causando pérdida de cobertura de infiltración, demanda de infraestructura y equipamiento social, así como cambios en los esquemas de producción, y en general mayor presión a los recursos naturales de la región.

V. 2 Técnicas para evaluar los impactos ambientales.

El proceso de identificación y evaluación de impactos ambientales provocados por alguna actividad antropogénica o un evento natural, es un proceso por medio del cual se detectan las actividades propias del proyecto en cada una de sus etapas que pueden modificar las condiciones del sistema ambiental del sitio y en su caso región, realizando una valoración cuantitativa y cualitativa de dichos cambios en el espacio y tiempo.

Para la identificación y cuantificación de los impactos ambientales que provocará el proyecto se empleará el método de matriz interactiva desarrollada por Leopold et al. (1971). La razón de emplear este método es, en primer lugar, por la aplicación inicial de su autor en la industria de la construcción. Nuestro proyecto por ser del tipo de infraestructura de carga y servicios, generará la mayor parte de los efectos durante su edificación, presentando también impactos en menor cantidad durante la etapa de operación (esto se comprobará con la misma matriz). También se eligió por ser una técnica sistemática, resumida y concisa para detectar los impactos más importantes, dándoles una puntualización en hechos y juicios identificables de una manera inmediata.

El método consiste en una matriz conformada por 100 posibles acciones del proyecto y por 88 elementos del ambiente natural y urbano, por lo cual se plantean 8800 impactos ha identificar aunque es lógico inferir que no todos se presentarán en los diferentes tipos de proyectos humanos, por lo que se modifica la matriz a las características del mismo. Al utilizar la matriz de Leopold se debe considerar cada acción y su potencial de impacto sobre cada elemento ambiental, y viene soportada por un cuadro de doble entrada-matriz en la que se disponen como filas los factores ambientales que pueden ser afectados, y como columnas, las acciones que vayan a tener lugar y que serán posible causa de los impactos ambientales.

Cada cuadrícula de interacción se dividirá en diagonal, haciendo constar en la parte superior izquierda la magnitud del impacto (M). La magnitud de una interacción es su extensión o escala y se describe mediante la asignación de un valor numérico correspondido entre 1 y 10, donde 10 representa una gran magnitud y uno una pequeña. Los valores próximos a 5 en la escala de

magnitud representan impactos de extensión intermedia y colocando un signo (+) a las alteraciones positivas o sin signo para las negativas. La asignación de un valor numérico de la magnitud en una interacción debe basarse en una valoración objetiva de los hechos relacionados con el impacto previsto. (W. Canter, Larry, 1998).

En la parte inferior de la diagonal de cada interacción, se plasmará la importancia (I). La importancia esta relacionada con lo significativa que ésta sea, o con una evaluación de las consecuencias probables del impacto previsto, es decir se refiere a la significancia para el humano. La escala de importancia también varia de 1 a 10, en la que 10 representa una interacción muy importante y 1 una importancia relativa de poca importancia. La asignación de este valor numérico de la importancia se basa en el juicio subjetivo del equipo multidisciplinario que trabaja en el estudio.

Posteriormente tanto para cada renglón como columna, se debe obtener la sumatoria de magnitud por importancia, la sumatoria por filas nos dará la incidencia del conjunto sobre cada factor ambiental y por tanto, su fragilidad ante el proyecto. La suma de columnas nos dará una valoración relativa del efecto que cada acción producirá en el medio y por tanto su agresividad.

Para identificar y evaluar los impactos ambientales potenciales del proyecto del Aeropuerto Metropolitano de México, se diseñó una matriz de Leopold modificada (ver capítulo VIII). En el eje de las abscisas (x) se inscribieron 40 acciones consideradas con impactos potenciales agrupadas en las distintas etapas del proyecto que son: construcción, operación y abandono del sitio (Cuadro 1); en el eje de las ordenadas (y) se colocaron 26 factores ambientales y socioeconómicos que se consideraron serían los probablemente afectados con la ejecución del proyecto (cuadro 2), dando como resultado una matriz con un total de 1040 interacciones, donde cada una representa una posible modificación del proyecto al medio ambiente y por ende un posible impacto ambiental.

Cuadro 1. Etapas del proyecto y sus acciones con impacto potencial al medio ambiente

ETAPA	ACCIÓN
FASE DE CONSTRUCCIÓN	Despalme y excavación civil
	Equipo y construcción pesada
	Transporte de materiales
	Almacén de materiales
	Requerimiento de mano de obra
	Transporte de personal
	Edificaciones*
	Redes de drenaje
	Suministro de energía eléctrica
	Disposición de residuos sólidos
	Disposición de residuos líquidos
	Emisiones a la atmósfera
	Construcción del sistema de tratamiento de aguas residuales
	Instalación de equipo y maquinaria

	Emergencias (Riesgos)
FASE DE OPERACIÓN	Demanda de agua
	Demanda de energía eléctrica
	Demanda de combustible
	Demanda de personal
	Transporte de personal
	Transporte de productos
	Descarga de aguas residuales
	Limpieza y mantenimiento de aeronaves
	Residuos sólidos no peligrosos
	Residuos peligrosos
	Sistema de tratamiento de aguas residuales
	Emisiones a la atmósfera
	Ruido
	Olores
FASE DE ABANDONO DEL SITIO	Desmantelamiento de la obra civil
	Desmantelamiento de la obra sanitaria
	Equipo y maquinaria pesada
	Requerimientos de mano de obra
	Transporte de personal
	Disposición de residuos
	Emisiones a la atmósfera
	Descarga de aguas residuales
	Requerimientos de energía eléctrica
	Ruido
	Olores

*Edificaciones.- Comprende almacenes de combustible, terminal aérea, hangares, estación de bomberos, torre de control, bodegas de almacenamiento y en general todas las construcciones por arriba del nivel de piso.

Cuadro 2. Factores ambientales y socioeconómicos susceptibles a afectaciones.

FACTORES AMBIENTALES Y SOCIOECONÓMICOS SUSCEPTIBLES A AFECTACIONES	
ASPECTOS NATURALES	Topografía, geología
	Agua Superficial
	Agua Subterránea
	Calidad de la atmósfera
	Ruido
	Clima
	Erosión del suelo
	Inestabilidad, asentamientos
	Características fisicoquímicas
	Flora
	Aves
	Animales

	Enriquecimiento de agua
	Cadenas alimenticias
	Escenario y paisaje
USO DE SUELO	Industrial y comercial
	Agrícola
	Vialidades
ASPECTOS SOCIALES	Salud y seguridad
	Patrones culturales (Estilo de vida)
	Crecimiento poblacional
	Vivienda y servicios
ECONÓMICOS	Impuestos
	Empleos
	Salarios
	Valor del suelo.

Para cada una de las interacciones identificadas en la matriz de Leopold se evaluó los impactos en base a sus características, que a continuación se enuncian:

Naturaleza

De acuerdo a su impacto beneficio (+) o perjudicial (-).

Periodicidad

Definido por la alteración del ambiente en el tiempo, ya sea:

- Irregular (1)
- Periódico (2)
- Continua (4).

Intensidad (grado de alteración) (I´).

- **Impacto notable o muy alto.-** Aquel que expresa una destrucción casi total en el factor considerado. En caso de que la destrucción sea completa el impacto se denomina total (8).
- **Impacto alto.-** Aquel cuyo efecto es fuerte, sin llegar a destruir completamente el medio (4).
- **Impacto medio.-** Aquel cuyo efecto supone una incidencia apreciable en el medio (2).
- **Impacto mínimo o bajo.-** Aquellos cuyo efecto expresa una destrucción mínima del factor considerado (1).

Extensión (EX).

- **Puntual.-** Cuando la acción produce un efecto localizado (dentro del predio) (1).
- **Parcial.-** Aquel efecto que una incidencia apreciable en el medio (2).
- **Extenso.-** Que tiene una incidencia regional (4).
- **Total.-** Que su efecto es más allá de la región (8).

Reversibilidad (RV).

- **Irreversible.-** Aquel impacto que de acuerdo a la naturaleza de la acción no permitirá el restablecimiento de las condiciones originales (4).

- **Reversible.-** Aquel cuyos efectos en el ambiente pueden ser mitigados de forma tal que se restablezcan las condiciones previas a la acción.
 - *Corto plazo (1).*
 - *Mediano plazo (2).*

Persistencia (Duración) (PE).

- **Temporal.-** El efecto que supone una alteración no permanente en el tiempo con una manifestación que puede determinarse en forma temporal:
 - < 1 año Fugaz (1).
 - 1 a 3 años Temporal (2).
- **Permanente.-** Aquel que supone una alteración del ambiente indefinida en el tiempo (4).

Sinergia (SI)

Sin sinergia.- Efecto simple (1)

- **Sinergetico parcial.-** Efecto conjunto de la presencia simultánea de varios agentes o acciones que supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales (2).
- **Muy sinergetico.-** Efecto conjunto de la presencia de varios agentes muy marcado (4).

Momento (MO)

Indica el periodo de manifestación.

- Largo plazo (1)
- Mediano plazo (2)
- Inmediato (4)
- Crítico (8)

Acumulación (AC)

Aquel efecto que tiene un incremento progresivo en el tiempo.

- Simple (1)
- Poco acumulativo (2)
- Acumulativo (4)

Efecto (EF)

- Relación causa – efecto
- Indirecto (secundario) (1).
- Semi-directo (2).
- Directo (4).

Recuperabilidad (MC)

Aquellos efectos que pueden ser subsanados por medios humanos.

- De manera inmediata (1).
- A mediano plazo (2).
- Mitigable (4).
- Irrecuperable (8).

Para calcular la importancia de cada uno de los impactos principales identificados en la matriz de Leopold, y así contar con una jerarquización con un menor grado de subjetividad de los impactos más desfavorables que el proyecto causará, se sigue la siguiente ecuación matemática:

$$I = + - (3I' + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

Clasificación de los impactos por su importancia.

Menor a 20	Irrelevante
De 21 a 40	Moderado
De 41 a 60	Severo
De 61 a 80	Crítico

V.3 Impactos ambientales generados

Posterior al diseño y aprobación de la matriz de Leopold, se entregó a cada uno de los elementos que compone el equipo multidisciplinario que realiza el presente estudio, para que cada uno realizará el llenado de la matriz para la identificación de los impactos ambientales que producirá el proyecto, de acuerdo a su formación, experiencia y criterio adquirido en el ámbito ambiental.

Después, se concentraron todas las matrices generadas, y se procedió a la integración de una sola matriz que incluyera todos los análisis y consideraciones realizados previa discusión de todos y cada uno de los integrantes del equipo de trabajo.

Finalmente se identificaron y evaluaron 326 impactos, de los cuales solo 25 resultaron ser importantes y representativos (ver matriz 3).

V.3.1 Identificación de impactos

De acuerdo a las características propias de la técnica de la matriz de Leopold, esta se basa en la metodología de causa-consecuencia, de tal forma que como ya se mencionó, se identificaron 326 impactos que el proyecto provocará a través de sus etapas de construcción, operación y abandono del sitio, del total se detectó que solo 25 son representativos y presentan un grado de importancia moderado y severo de acuerdo al cuadro No. 3, el resto se consideran como impactos poco relevantes. Así, en la etapa de construcción la actividad que más trastorno al medio ambiente causará será el proceso de despalme y excavación civil, mientras que para la etapa de operación, la actividad que más transformará el medio, será el transporte de productos por medio de las actividades aéreas y terrestres, ferroviarias y carreteras.

En este mismo sentido los principales impactos ambientales identificados, corresponden a las características naturales de la región, y particularmente la calidad del aire por emisiones a la atmósfera y ruido (cuadro 5). Por otro lado, los rasgos más beneficiados de la instalación del proyecto corresponden a los económicos, ya que el proyecto creará fuentes de empleo y además su operación implicará hacer llegar al gobierno una buena cantidad de recursos por impuestos (cuadro 4).

Cuadro 3. Factores ambientales susceptibles al proyecto Centro de carga y logística Intermodal.

Rasgos del medio susceptible a impacto negativo	Valor obtenido de la matriz de Leopold	Medio
Calidad del aire	288	Natural/Atmósfera
Ruido	180	Natural/Atmósfera
Agua superficial	147	Natural/Agua
Escenario y paisaje	144	Natural/Estética
Flora	117	Natural/Flora
Animales	106	Natural/Fauna
Agua subterránea	100	Natural/Agua
Uso de suelo agrícola	95	Uso de suelo
Aves	93	Natural/Fauna
Erosión del suelo	71	Natural /Suelo

Cuadro 4. Acciones identificadas que pueden causar mayores impactos ambientales

Acciones que pueden causar mayor daño al medio	Valor obtenido de la matriz de Leopold	Etapas
Transporte de productos (aéreo, férreo, camión)	172	Operación
Ruido	98	Operación
Emisiones a la atmósfera (instalaciones)	91	Operación
Despalme y excavación civil	80	Construcción
Disposición de residuos líquidos	80	Construcción
Descarga de aguas residuales	76	Operación
Disposición de residuos sólidos	74	Construcción
Emisiones a la atmósfera	72	Construcción
Equipo y construcción pesada	57	Construcción

Cuadro 5. Factores del medio que obtendrán impactos beneficios por la instalación del Centro de carga y logística Intermodal

Rasgos del medio susceptible a beneficios	Valor obtenido de la matriz de Leopold	Medio
Empleo	132	Económico
Infraestructura vial	84	Uso de suelo
Impuestos	76	Económico
Industrial y comercial	65	Uso de suelo
Salarios	48	Económico

Por otro lado, las acciones que se encontraron de la matriz de Leopold que producirán un mayor beneficio son las que corresponden a la dotación de servicios al proyecto, lo cual redundará en una mejor cobertura de servicios a las poblaciones vecinas al desarrollo de carga, como es el caso de: introducción de la energía eléctrica, suministro de agua potable, instalación de plantas de tratamientos, así como la instalación de equipos y maquinaria; sin embargo es importante mencionar que la metodología de la técnica empleada para la identificación de impactos, es del

tipo causa-efecto, y el beneficio que en sí generará el proyecto tanto a la sociedad y desarrollo económico de la región se presupone en razón de que el Plan Subregional de Desarrollo del Valle Tizayuca, considera al proyecto como el motor impulsor del megaproyecto Valle Tizayuca, el cual potenciará económicamente la región y brindará de un mejor nivel de vida a los habitantes de la misma.

V.3.2 Selección y descripción de los impactos significativos

Como se aprecia en la tabla V.3.2 anexa, el medio que tendrá una mayor afectación será el aire, en segundo lugar será el agua, posteriormente el aspecto paisajístico, y sucesivamente la flora y fauna y finalmente el suelo; a continuación se describen dichos impactos indicando la etapa del proyecto en donde se generaron:

AIRE

- **Calidad**

La calidad del aire será afectada desde el inicio de la construcción del proyecto, ya que el proceso de despalme y excavación, así como la construcción pesada de pistas, hangares, estacionamientos, caminos de acceso e interiores y la edificación de las distintas áreas del proyecto, producirán emisiones de partículas suspendidas hacia la atmósfera y la maquinaria pesada que se empleará producirá emisiones de gases de combustión, este impacto será del tipo inmediato y temporal solo durante el proceso constructivo. En la etapa de operación el sistema intermodal de transporte de carga basado en las aeronaves, ferrocarril y transporte de carga terrestre, producirán también emisiones contaminantes a la atmósfera producto de su carburación, siendo este factor uno de los impactos más severos que el desarrollo generará, también el inmueble en sí donde se ubicarán oficinas, restaurantes, hoteles, entre otros, producirán emisiones a la atmósfera, en esta etapa el impacto será fugaz e intermitente en un inicio, pero tenderá a incrementarse conforme aumenten las operaciones en el aeropuerto. Finalmente durante la etapa de abandono del Aeropuerto Metropolitano de México, el desmantelamiento de la infraestructura también contribuirá a la contaminación de la atmósfera a través de emisiones de partículas suspendidas en el aire, pero el impacto será temporal.

También habrá afectación a la calidad del aire, en la etapa de construcción por el transporte de materiales, (partículas suspendidas y gases contaminantes), y prácticamente a lo largo de todas las etapas del proyecto por el transporte de personal (gases contaminantes). En este sentido, una vez que el Aeropuerto Metropolitano de México se encuentre en operaciones, se tendrá un incremento significativo del volumen del tráfico vehicular en las vías de comunicación de acceso, impactando de forma inmediata la autopista federal 85, México-Pachuca y gradualmente se incrementará proporcionalmente a las operaciones del Centro de carga, lo cual redundará en la contaminación ambiental por los gases de combustión.

Cabe destacar que debido a que el proyecto se localiza en un valle extenso, el cual cuenta con poca actividad urbana e industrial y existen condiciones de viento del tipo ligero-moderado la mayor parte del año en dirección norte-sur, la dispersión de los contaminantes será muy eficiente, por lo que el impacto a la atmósfera, será de baja intensidad la mayor parte del año, aunque extenso por el transporte de los contaminantes por la corriente de los vientos.

- **Ruido**

El ruido se generará desde la etapa de preparación del sitio y la construcción, por la operación de la maquinaria pesada en las actividades de despalme, excavaciones, terracerías, pistas, edificación, introducción de servicios, caminos de acceso e interiores, entre otros, pero sin constituir un problema grave, debido a que no existen asentamientos humanos colindantes al predio del proyecto y que la misma topografía del terreno permite la dispersión del ruido.

En la etapa de operación, las emisiones de ruido se verán incrementadas principalmente por el tráfico aéreo, vehicular y del ferrocarril, siendo un impacto del tipo severo, principalmente la zona de trapezios de aproximación y despegue y su efecto se dejará sentir en una amplia parte de la zona; este impacto en el inicio de las operaciones será fugaz e intermitente, sin embargo conforme las operaciones de aterrizaje-despeje crezcan, el impacto también se incrementará, pudiendo llegar a ser del tipo periódico-permanente. Asimismo, el incremento vehicular producirá también un aumento en el nivel de ruido, sobretodo en la autopista México- Pachuca y en los caminos de acceso al Centro de carga.

De forma semejante al impacto al aire, el ruido a pesar de ser un impacto severo en su etapa de operación, será mitigado de forma natural, ya que en las inmediaciones del Aeropuerto Metropolitano de México, no se presentan centros habitacionales, aunado a que no hay condiciones de sinergia ni acumulación.

AGUA

- **Superficial**

Durante la etapa de construcción, los trabajos de despalme, excavación, obra pesada, acarreo de materiales, caminos de acceso, así como la edificación de infraestructura, producirán partículas de polvo suspendidas en el aire que de alguna manera terminarán en los cuerpos de agua que existen en la zona, principalmente en el río de las Avenidas, lo cual repercutirá en un descenso en la calidad del agua de dicho cuerpo, aunque el impacto será en primer lugar ligero en función de que dicho cuerpo de agua ya presenta un alto grado de contaminación, ya que sirve como sistema de drenaje de las aguas servidas de la ciudad de Pachuca, y en segundo lugar el efecto es temporal al lapso de construcción y evitable, ya que se puede aplicar riegos con agua no potable a las superficies que se estén trabajando con el fin de reducir la emisión de partículas de polvo a la atmósfera. De igual forma el proceso constructivo generará tanto residuos líquidos y sólidos que en el caso de no ser manejados de forma correcta, y dispuestos en lugares como barrancas e incluso en el mismo río, provocarán también un decremento en la calidad del agua de los cuerpos.

Durante la etapa de operación, el transporte de carga por aeronaves y ferrocarriles, producirán polvo suspendido en la atmósfera, que como ya se mencionó en el párrafo anterior, pueden llegar a los cuerpos de agua, asimismo el incremento vehicular que se de conforme al incremento de operaciones del Aeropuerto Metropolitano de México, generará una mayor producción de partículas suspendidas en la atmósfera que pueden terminar en los cuerpos de agua de la región, disminuyendo el nivel de calidad de sus aguas y ocasionando problemas de salud y bienestar en la población; otro aspecto que producirá un impacto moderado en la calidad del agua superficial, será la descarga de aguas residuales a estos cuerpos, sin embargo a pesar de que este impacto puede llegar a ser permanente, es evitable por completo, ya que el proyecto plantea la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales, con lo que

el nivel de contaminación del agua servida será reducido, y más aún se plantea emplear esta agua residual en el riego de las áreas verdes que el proyecto plantea e incluso en pruebas contra incendios, con estas medidas el impacto a las aguas superficiales.

Finalmente el proyecto plantea la utilización de residuos del tipo peligrosos, los cuales si no son empleados y almacenados de forma adecuada, pueden dañar la calidad del agua y suelo de manera permanente.

- **Subterránea**

Recarga.- La planicie donde se ubicará el Aeropuerto Metropolitano de México se encuentra en el acuífero Pachuca-Cuautitlán, y con la construcción de las pistas de aterrizaje, infraestructura, torre de control, así como caminos de acceso e interiores, se creará una superficie impermeable, donde ya no se podrá dar el proceso de infiltración; sin embargo considerando la gran extensión que conforma el acuífero, la afectación por la construcción del proyecto será pequeña en el corto plazo, pero en el largo plazo y considerando la sinergia con la instalación de otros proyectos industriales-habitacionales que impulsará el propio Centro de carga y logística intermodal, así como la propia extracción que realiza, el efecto será moderado, permanente e irreversible; sin embargo el impacto puede ser evitado en parte, empleando técnicas de gestión del recurso agua, así como en la creación de infraestructura para el manejo adecuado del vital líquido.

Calidad .- En lo que corresponde a la afectación por la construcción, operación y abandono del proyecto en concreto, hacia el agua subterránea, realmente el impacto es insignificativo, sin embargo es importante hacer notar que tanto la descarga de aguas residuales en la construcción y operación, podrían llegar a infiltrarse hasta llegar al nivel freático; sin embargo en este proceso la mayoría de los contaminantes serían removidos por el mismo proceso de filtración, sin embargo y aunque el impacto al acuífero por contaminación sea poco probable, se deben tomar las medidas correspondientes para disponer adecuadamente las aguas residuales y promover su reuso.

Extracción.- El recurso agua subterránea se verá afectado temporalmente durante la etapa de construcción por su extracción para la elaboración de concretos, sin embargo el impacto será temporal e insignificante. Por otro lado en la etapa de operación habrá una demanda permanente y creciente de agua para los servicios de todas las áreas del Aeropuerto Metropolitano de México, pero también por el asentamiento de otros proyectos productivos impulsados por el éste, así como por el incremento poblacional que se espera en la zona, debido a la generación de empleos, actuando de manera sinérgica con la extracción de agua que actualmente se da en el acuífero, provocando un impacto parcial en el mediano y largo plazo, sin embargo el impacto puede ser reversible en el mediano plazo, si se adoptan las medidas convenientes en la administración y gestión del agua.

ESCENARIOS Y PAISAJES

La zona donde se asentará el proyecto, como ya se ha venido comentando se localiza en la parte baja del Valle de Tizayuca, y el paisaje original ha sido modificado drásticamente, ya que en toda la zona baja se carece de vegetación nativa, y solamente existen tierras de cultivo; sin embargo la construcción de la infraestructura, edificaciones, pistas, caminos de acceso e interiores, dentro de la etapa de construcción, así como el tráfico aéreo, terrestre y de

ferrocarril, nuevamente modificarán el paisaje, ya que ahora pasará de ser agrícola a un paisaje del tipo urbano y de servicios; sin embargo a pesar de que el impacto será puntual y permanente hasta que se abandone el sitio, también es mitigable, para lo cual se deben considerar dentro del diseño áreas verdes que permitan mantener una correlación visual con el entorno, permitiendo crear un lugar con una operación eficiente, pero que a la vez sea agradable y confortable para el usuario.

FLORA Y FAUNA

- **Vegetación**

Es indudable que durante el proceso de construcción será removida la capa vegetal en las áreas de infraestructura, pistas, estacionamiento, edificaciones, vías de acceso e interiores, entre otras, con lo cual habrá un desplazamiento de las pocas especies que ahí existen a las zonas colindantes al proyecto (también son áreas agrícolas), sin embargo ninguna de estas es nativa de la zona, ya que el sitio de interés se encuentra completamente perturbado y deteriorado debido a la presión ejercida por las actividades antropogénicas, que ha cambiado la vegetación original a zonas de cultivos de temporal, por lo que el impacto será puntual y de poca importancia, más aún que tampoco se verá afectada la forma de crecimiento, patrones de distribución ni interacción entre las especies. Sin embargo se debe tomar especial cuidado en las zonas altas del Valle, donde aún se pueden localizar comunidades de matorral xerófilo y manchones de quercus, los cuales tienen un importante valor biológico para la región.

- **Fauna**

Al igual que en el aspecto de flora, la fauna del sitio donde se construirá el proyecto, se constituye principalmente de especies exóticas, asociadas a las áreas de cultivo, y una vez que se construya el Aeropuerto Metropolitano de México se verán obligadas a desplazarse a las zonas agrícolas aledañas, provocando una presión temporal por los recursos con las especies que ya habitan esas zonas, sin embargo no causará una alteración de las interacciones poblacionales, ya que anualmente su hábitat es alterado debido a la actividad agrícola (cosecha), donde se pierde la mayor parte de su hábitat, es decir las especies que viven en esta zona están supeditadas a la actividad del hombre y no a su posible interacción.

Por otro lado, también se tendrá un efecto adverso durante la operación del centro de carga por la generación de ruido e incluso agentes contaminantes a la atmósfera, ya que dichos efectos pueden llegar de forma intermitente a las Sierra de Los Pitos y a los cerros de Las Cruces y Las Navajas, relictos donde se localizan a las pocas especies nativas que aún subsisten de la zona, por lo cual es importante promover un programa de rescate y preservación de dichas zonas.

- **Aves**

El sitio no se ubica a lo largo de alguna ruta migratoria de aves, ya que únicamente se tienen reportadas dentro de las aves principales de la región: *Sensu peterson*, *Chalif*, *Pipilo fuscus*, *Zenaida macioura* y la *Charadrius vociferus*, que de todas las especies es la única que habita en espacios abiertos y que es común encontrarla en aeropuertos; cabe destacar que ninguna esta dentro de algún estatus de protección de acuerdo a la legislación mexicana.

Sin embargo, como ya se comento a aproximadamente 50 kilómetros al Este de la zona del proyecto, se localiza la laguna de Tecocomulco; sin embargo será es muy ocasional que se llegue a observar alguna de estas especies en el espacio aéreo del Aeropuerto Metropolitano de México, por lo que el posible impacto generado es reducido (no se cuenta con algún documento actual o histórico que pueda facilitar una estimación de las poblaciones para poder establecer alguna comparación presente o futura), pero aún así es importante considerar las distintas medidas recomendadas por la OACI.

SUELO

La construcción del proyecto en estudio básicamente provocará únicamente la pérdida de suelo, (actualmente agrícola de temporal con baja productividad) debido al proceso de despalme y excavación para la cimentación de pistas, caminos de acceso e interiores, edificios, etc., lo cual también repercutirá en la formación de suelo, así como incrementar la erosión del mismo, sin embargo el impacto será poco significativo, puntual en cuanto a su extensión en el corto plazo y parcial a largo plazo, permanente no sinérgico pero si acumulativo, en cuanto al uso de suelo que se dará por el crecimiento de los centros de población y la actividad industrial y terciaria; más aún, puede ser compensable, ya que se realizarán prácticas de valorización de los residuos, a través de la clasificación desde la fuente de los residuos generados en las instalaciones del Aeropuerto Metropolitano de México, destacando el envío de los residuos orgánicos a una planta de compostaje para su posterior incorporación a suelos deteriorados para mejorar su productividad agrícola.

SOCIEDAD

- **Patrones culturales**

El aspecto de patrones culturales se verá alterado en la etapa de construcción del proyecto, debido a la demanda de mano de obra de la región, lo cual generará empleos del tipo temporales, sin embargo este impacto es insignificante comparado con el que se presentará una vez que el proyecto este en marcha, ya que inicialmente el impacto será moderado, pero a largo plazo puede ser severo, ya que la población que actualmente vive de la actividad agrícola, sino se aplica de forma adecuada el Plan Subregional de Desarrollo del Valle de Tizayuca y los respectivos Planes de Desarrollo Urbano Municipales, pudiera ser en el mejor de los casos empleada en las actividades industriales y terciarias, sino es que es desplazada o relegada.

- **Crecimiento poblacional y vivienda**

Como ya se ha venido describiendo el Aeropuerto Metropolitano de México será el eje impulsor de toda una serie de proyectos productivos industriales y habitacionales que potenciarán económicamente la región, produciendo una gran cantidad de empleos y por ende atrayendo la población hacia la misma y su consecuente demanda de vivienda y servicios, por lo que el crecimiento poblacional en el corto plazo se considera que será parcial y moderado, pero a largo plazo será parcial y severo, actuando de forma acumulativa con el crecimiento demográfico acelerado que ya existe entre las ciudades de Pachuca y Tizayuca, así como por la influencia de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Cabe destacar que es jerárquico aplicar adecuadamente el Plan Subregional del Valle de Tizayuca, con el fin de evitar asentamientos irregulares, así como el Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Valle Pachuca-Tizayuca, con el fin de evitar presiones a las áreas de conservación ecológicas.

V.4 Evaluación de los impactos ambientales

De forma global la construcción y operación del Aeropuerto Metropolitano de México, producirá impactos ambientales en aire, agua, suelo y sociedad; ya que modificará de forma importante el paisaje convirtiéndolo de agrícola a urbano y de servicios, lo cual conlleva a una alteración en la forma de vida de la gente de la región, mayor demanda de mano de obra en la construcción que será temporal y en la etapa de operación que será permanente, promoviendo también la implantación de otros proyectos productivos que generarán empleos y atraerán a más personas a la zona, con lo que el crecimiento demográfico se incrementará aún más, ejerciendo un efecto acumulativo con el crecimiento existente en la región, aumentando la demanda de servicios, y vivienda, así como la consecuente presión hacia los recursos naturales. Sin embargo, debido a que las características del sitio presenta un alto grado de perturbación en general, la topografía, relieve y el viento ayudan a que algunos impactos sean mitigados de forma natural y otros puedan ser evitados, compensados y mitigados empleando diferentes instrumentos y herramientas de gestión ambiental.

Cabe destacar que ninguno de los impactos presentes son críticos, y que el costo económico, social y al ambiente que ejercerá el proyecto, serán compensados con creces por los beneficios económicos y sociales, siempre y cuando se cumpla con lo establecido en el Programa Subregional de Desarrollo del Valle de Tizayuca, Plan de Manejo de Aguas para el Valle de Tizayuca, Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Pachuca-Tizayuca y se apliquen debidamente las leyes y normas ambientales.

V.5 Delimitación del área de influencia

Construir una terminal aérea de carga con sus respectivas zonas anexas de logística, en una zona cuyas características ecológicas ya han sido impactadas en un alto grado por las actividades antropogénicas, disminuye la posibilidad de que el proyecto cause impactos ambientales altos y significativos, ya que estos ya se han presentado con anterioridad, incluyendo la pérdida casi en su totalidad de la vegetación nativa de la región, preservada únicamente en relictos donde el acceso es complicado en las zonas altas del valle, esta situación asociada a los impactos identificados en las secciones inmediatas anteriores, nos permite definir que el área de influencia en cuanto a los impactos al suelo, vegetación, fauna, así como reducción en la superficie de infiltración son puntuales, localizados en la poligonal que conforma el proyecto. Por otro lado, los efectos producidos por la extracción del recurso agua y los gases de contaminación, serán ligeros; cabe destacar que debido a que el proyecto se localiza en un Valle extenso, el cual cuenta con poca actividad urbana e industrial y existen condiciones de viento del tipo ligero-moderado la mayor parte del año en dirección norte-sur, la dispersión de los contaminantes será muy eficiente, por lo que el impacto a la atmósfera, será de baja intensidad la mayor parte del año, aunque extenso por el transporte de los contaminantes por la corriente de los vientos, aún así se prevé que la contaminación no supere el área de estudio considerada por los 5 municipios que son: Zapotlán, Zempoala, Villa de Tezontepec, Tolcayuca y Tizayuca, toda vez que la extensión territorial de dicha zona es del rango de los 800 Km²

Finalmente, el impacto identificado del tipo socioeconómico, supone un crecimiento acelerado de la región en cuanto a generación de empleos y crecimiento poblacional, pero un crecimiento ordenado y debido a que se cuenta con instrumentos de planeación ecológica y urbana más los Programas de Desarrollo Urbano Municipal que serán concluidos en este año que, le ofrecerá

mejores condiciones de desarrollo, permitiendo una planeación anticipada de las inversiones productivas y de infraestructura, distribuyendo la población en el territorio de manera acorde con las restricciones ecológicas, y otorgando protección a las zonas agrícolas de alta productividad, así como las unidades de alto valor ecológico, en conclusión un medio ambiente con un desarrollo sustentable que otorgue un mejor nivel de vida a la población de la región y dicho impacto supone una afectación a los 5 municipios del estado de Hidalgo que estamos considerando, así como a los municipios vecinos de Temascalapa y Tecamac en el Estado de México y en menor grado el municipio de Zumpango por su lejanía y por tener una mayor influencia a la ZMCM. El caso de San Martín de las Pirámides es un impacto del tipo puntual para la cabecera municipal, que verá beneficiada su economía por la rehabilitación de la vía férrea Pachuca-Buenavista, por lo que el área de estudio considerada en este apartado corresponde al área de influencia detectada en este capítulo.

VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

En el presente capítulo se describen las medidas de mitigación planteadas para prevenir, controlar y mitigar los impactos negativos significativos identificados y evaluados en el capítulo anterior de este estudio, resultantes en las etapas de construcción, operación y abandono del Aeropuerto Metropolitano de México.

VI. 1 Clasificación de las medidas de mitigación.

La clasificación corresponde a la propuesta en la guía

Preventivas

1. Durante la etapa de construcción en lo correspondiente al movimiento de tierras, y traslado de materiales de agregados pétreos, y cascajo, las unidades de transporte deberán cubrir en su totalidad el material con lonas o similar, que impida la dispersión de partículas; asimismo se efectuarán riegos continuos sobre las superficies de maniobras y caminos de acceso (terracerías). Este proceso incluye estrictamente la aspersión de agua tratada no potable (pipas), hasta asegurar el control de las emisiones de polvo.
2. Colocar señalización precautoria durante la construcción en los caminos de acceso, particularmente por el tránsito de unidades de carga, con el fin de evitar accidentes.
3. Instalar sanitarios portátiles en número suficiente y en sitios estratégicos a fin de realizar un manejo adecuado de los residuos orgánicos generados.
4. Colocar contenedores para los residuos sólidos y líquidos no peligrosos.
5. Colocar contenedores para los residuos sólidos y líquidos peligrosos, así como contratar a una compañía especializada en el manejo y confinamiento de residuos peligrosos, además de elaborar e implementar un sistema de manejo de los mismos durante su estancia en la planta.
6. Construir y operar una planta de tratamiento de aguas residuales producto de la operación de la infraestructura asociada al centro de carga (restaurantes, hotel, cafetería, etc.), con el objeto de reusar dicha agua en las áreas verdes del proyecto y cumplir con la Norma NOM-003-SEMARNAT-1997.
7. Construir y operar una segunda planta de tratamiento destinada exclusivamente al tratamiento de las aguas azules originadas en el área de hangares, así como en el área de almacenamiento de residuos peligrosos.
8. Instalar sistemas de tratamiento primario de aguas residuales tanto en las áreas asociadas al Centro de carga, así como de las áreas de hangares y almacenamiento de residuos peligrosos, con el fin de remover las grasas y aceites, de forma previa a los sistemas de tratamiento de aguas residuales arriba mencionados.
9. Los vertederos de residuos sólidos municipales más cercanos al proyecto, deberán reubicarse a sitios más alejados al Aeropuerto Metropolitano de México con el fin de no atraer aves de paso que puedan interferir con la operación del aeropuerto.
10. En las inmediaciones del Aeropuerto Metropolitano de México no se debe permitir ni arrendar los terrenos para que se cultiven, debido a que las semillas y granos podrían atraer algún tipo de aves, por lo que la poligonal que conforma el megaproyecto Valle Tizayuca, deberá permanecer sin uso.

De Remediación

11. Se prohíbe hacer uso de fogatas y/o quema de material sobrante como: papel, cartón, aceites y/o estopas entre otros, generados en las actividades de construcción y mantenimiento de equipo.
12. Retirar todo el material de construcción evitando su acumulación en terrenos aledaños al proyecto, como son: tubería, escombros, otros, los cuales serán depositados en los rellenos autorizados.

De Rehabilitación

13. La tierra vegetal producto de los despalmes será depositada en el relleno y rehabilitación de bancos de material de la zona en desuso, para cubrir los rellenos sanitarios que existen en la región y parte de la tierra vegetal para la conformación de las áreas verdes diseñadas en el proyecto.

De Compensación

14. Utilizar materiales permeables (adopasto), para andadores, estacionamientos y caminos interiores del proyecto, con el fin de permitir la infiltración del agua pluvial al subsuelo.
15. En cuanto a las medidas sobre ecología paisajística, se canalizarán esfuerzos para integrar los ecosistemas en las zonas de edificación, distribuyendo las masas constructivas de forma que el sistema modificado disponga de espacio suficiente para autoequilibrarse. Dentro de las instalaciones del aeropuerto es necesaria una integración de los ecosistemas, así como la conexión con los sistemas adyacentes. En este sentido, la creación de zonas de amortiguación contribuye a atenuar los efectos de un entorno necesariamente monoestructurado, como el de los aeropuertos, propiciando el equilibrio ecológico del conjunto y su integración en el medio circundante.

De Reducción

16. Establecer un cinturón vivo amortiguador de ruido en los alrededores del Aeropuerto Metropolitano de México, empleando exclusivamente especies nativas de la región, que no atraigan aves hacia la terminal.
17. Construir obras de captación de aguas pluviales (cisternas), y conducir las por medio de pozos de absorción, hacia el subsuelo, previo tratamiento ya que pueden contaminarse en las superficies destinadas al movimiento de aviones, conviene mencionar en primer término la contaminación prácticamente inevitable producida por el tráfico aéreo como consecuencia de los residuos de aceite, de combustible, anticongelantes, detergentes y residuos del desgaste de las ruedas, por lo que el sistema de depuración debe estar provisto de separadores de aceite y carburantes, antes de ser inyectadas al acuífero.
18. Programa calendarizado para la detección de fugas y riesgos de explosión, el cual deberá considerar el monitoreo periódico de índices de explosividad en contenedores para derrame de combustible, tanques de almacenamiento, tuberías y otras áreas vulnerables; aplicando cabalmente las medidas de seguridad, de planes de mantenimiento, revisión de acuerdo a las normas de tanques de almacenamiento y programas de prevención y atención de contingencias.

19. Implementar en las edificaciones equipos inteligentes ahorradores de energía eléctrica y bajo consumo de agua potable.
20. Reducir las emisiones de gases contaminantes producto de la carburación de los vehículos automotores, por medio de la aplicación del programa de verificación, de acuerdo a las normas vigentes.
21. Debe confeccionarse un listado en el que se enumeren todas las sustancias peligrosas que se manejan con regularidad o con mayor frecuencia en el área de trabajo, señalándose sus riesgos específicos, las normas de derecho laboral aplicables y el tipo de actuación sanitaria en caso de accidente.
22. Aplicar medidas orientadas a la formación y sensibilización del personal en el manejo de residuos peligrosos.
23. Los depósitos de combustible deben estar protegidos contra posibles fugas (p. ej. colectores de derrames) y contra incendios y explosiones, conforme a la reglamentación nacional e internacional correspondiente. Los depósitos y los conductos de alimentación deben incluirse también en un sistema de detección de fugas.
24. Instalación de sistema de filtros en las fuentes de emisión de contaminación al ambiente, proveniente de las instalaciones del Aeropuerto Metropolitano de México

VI.2 Agrupación de los impactos de acuerdo con las medidas de mitigación propuestas

Impactos al aire (4)

De Prevención

- Durante la etapa de construcción en lo correspondiente al movimiento de tierras, y traslado de materiales de agregados pétreos, y cascajo, las unidades de transporte deberán cubrir en su totalidad el material con lonas o similar, que impida la dispersión de partículas; asimismo se efectuarán riegos continuos sobre las superficies de maniobras y caminos de acceso (terracerías). Este proceso incluye estrictamente la aspersión de agua tratada no potable (pipas), hasta asegurar el control de las emisiones de polvo.

De Reducción

- Establecer un cinturón vivo amortiguador de ruido en los alrededores del Aeropuerto Metropolitano de México, empleando exclusivamente especies nativas de la región, que no atraigan aves hacia la terminal.
- Reducir las emisiones de gases contaminantes producto de la carburación de los vehículos automotores, por medio de la aplicación del programa de verificación, de acuerdo a las normas vigentes.
- Instalación de sistema de filtros en las fuentes de emisión de contaminación al ambiente, proveniente de las instalaciones del Aeropuerto Metropolitano de México.

Impactos al Agua (7)

De Prevención

- Instalar sanitarios portátiles en número suficiente y en sitios estratégicos a fin de realizar un manejo adecuado de los residuos orgánicos generados.
- Construir y operar una planta de tratamiento de aguas residuales producto de la operación de la infraestructura asociada al centro de carga (restaurantes, hotel, cafetería, etc.), con el objeto de reusar dicha agua en las áreas verdes del proyecto y cumplir con la Norma NOM-003-SEMARNAT-1997.
- Construir y operar una segunda planta de tratamiento destinada exclusivamente al tratamiento de las aguas azules originadas en el área de hangares, así como en el área de almacenamiento de residuos peligrosos.
- Instalar sistemas de tratamiento primario de aguas residuales tanto en las áreas asociadas al Centro de carga, así como de las áreas de hangares y almacenamiento de residuos peligrosos, con el fin de remover las grasas y aceites, de forma previa a los sistemas de tratamiento de aguas residuales arriba mencionados.

De Compensación

- Utilizar materiales permeables (adopasto), para andadores, estacionamientos y caminos interiores del proyecto, con el fin de permitir la infiltración del agua pluvial al subsuelo.

De Reducción

- Construir obras de captación de aguas pluviales (cisternas), y conducir las por medio de pozos de absorción, hacia el subsuelo, previo tratamiento ya que pueden contaminarse en las superficies destinadas al movimiento de aviones, conviene mencionar en primer término la contaminación prácticamente inevitable producida por el tráfico aéreo como consecuencia de los residuos de aceite, de combustible, anticongelantes, detergentes y residuos del desgaste de las ruedas, por lo que el sistema de depuración debe estar provisto de separadores de aceite y carburantes, antes de ser inyectadas al acuífero.
- Implementar en las edificaciones equipos inteligentes ahorradores de energía eléctrica y bajo consumo de agua potable.

Impactos al Paisaje (1)

De Compensación

- En cuanto a las medidas sobre ecología paisajística, hay que propiciar los esfuerzos tendientes a integrar los ecosistemas en las zonas de edificación, distribuyendo las masas constructivas de forma que el sistema modificado disponga de espacio suficiente para autoequilibrarse. Dentro de las instalaciones del aeropuerto es necesaria una integración de los ecosistemas, así como la conexión con los sistemas adyacentes. En este sentido, la creación de zonas de amortiguación contribuye a atenuar los efectos de un entorno necesariamente monoestructurado, como el de los aeropuertos, propiciando el equilibrio ecológico del conjunto y su integración en el medio circundante.

Impactos en flora y fauna (2)

De Prevención

- Los vertederos de residuos sólidos municipales más cercanos al proyecto, deberán reubicarse a sitios más alejados al Aeropuerto Metropolitano de México con el fin de no atraer aves de paso que puedan interferir con la operación del aeropuerto.
- En las inmediaciones del Aeropuerto Metropolitano de México no se debe permitir ni arrendar los terrenos para que se cultiven, debido a que las semillas y granos podrían atraer algún tipo de aves, por lo que la poligonal que conforma el megaproyecto Valle Tizayuca, deberá permanecer sin uso.

Impactos en suelo (3)

De Remediación

- Se prohíbe hacer uso de fogatas y/o quema de material sobrante como: papel, cartón, aceites y/o estopas entre otros, generados en las actividades de construcción y mantenimiento de equipo.
- Retirar todo el material de construcción evitando su acumulación en terrenos aledaños al proyecto, como son: tubería, escombros, otros, los cuales serán depositados en los rellenos autorizados.

De Rehabilitación

- La tierra vegetal producto de los despalmes será depositada en el relleno y rehabilitación de bancos de material de la zona en desuso, para cubrir los rellenos sanitarios que existen en la región y parte de la tierra vegetal para la conformación de las áreas verdes diseñadas en el proyecto.

Impactos a la sociedad (7)

De Prevención

- Colocar señalización precautoria durante la construcción en los caminos de acceso, particularmente por el tránsito de unidades de carga, con el fin de evitar accidentes.
- Colocar contenedores para los residuos sólidos y líquidos no peligrosos.
- Colocar contenedores para los residuos sólidos y líquidos peligrosos, así como contratar a una compañía especializada en el manejo y confinamiento de residuos peligrosos, además de elaborar e implementar un sistema de manejo de los mismos durante su estancia en la planta.

De Reducción

- Programa calendarizado para la detección de fugas y riesgos de explosión, el cual deberá considerar el monitoreo periódico de índices de explosividad en contenedores para derrame de combustible, tanques de almacenamiento, tuberías y otras áreas vulnerables; aplicando cabalmente las medidas de seguridad, de planes de mantenimiento, revisión de acuerdo a las normas de tanques de almacenamiento y programas de prevención y atención de contingencias.
- Debe confeccionarse un listado en el que se enumeren todas las sustancias peligrosas que se manejan con regularidad o con mayor frecuencia en el área de trabajo,

señalándose sus riesgos específicos, las normas de derecho laboral aplicables y el tipo de actuación sanitaria en caso de accidente.

- Aplicar medidas orientadas a la formación y sensibilización del personal en el manejo de residuos peligrosos.
- Los depósitos de combustible deben estar protegidos contra posibles fugas (p. ej. colectores de derrames) y contra incendios y explosiones, conforme a la reglamentación nacional e internacional correspondiente. Los depósitos y los conductos de alimentación deben incluirse también en un sistema de detección de fugas.

VI.3 Descripción de la estrategia o sistemas de medidas de mitigación.

Con los elementos antes citados se conformó la estrategia de mitigación, con el fin de garantizar la correcta aplicación de las medidas de mitigación en cada una de las etapas del proyecto; la estrategia de medidas de mitigación se expone a continuación:

Nota: Las medidas de mitigación correspondientes a la columna 4, hacen referencia a la numeración indicada en el punto **VI. 1 Clasificación de las medidas de mitigación, de este capítulo.**

ETAPA	ACTIVIDAD	IMPACTO QUE SE MITIGARÁ	MEDIDA DE MITIGACIÓN.
CONSTRUCCIÓN.	Despalme y excavación	Contaminación de aire y agua superficial por partículas suspendidas.	1 y 13
	Equipo y construcción pesada	Contaminación del aire por emisión de gases contaminantes, ruido y partículas suspendidas. Impacto en la recarga del acuífero por impermeabilización de superficies.	1, 14, 17 y 20
	Transporte de materiales	Contaminación de aire y agua superficial por partículas suspendidas.	1 y 20
	Almacén de materiales	Afectación temporal al paisaje y al suelo.	Una vez que se concluya la etapa de construcción se retirará por lo que el impacto es temporal.
	Requerimientos de mano de obra	Contaminación de suelo y agua superficial por disposición inadecuada de residuos del personal	3, 4, 11 y 12
	Transporte de personal	Contaminación de aire y agua superficial por partículas suspendidas.	20
	Edificaciones	Contaminación del aire por emisión de gases contaminantes, ruido, partículas suspendidas y afectación al paisaje. Impacto en la recarga del acuífero por impermeabilización de superficies.	1, 14, 17 y 20
	Redes de drenaje	Contaminación de aire y agua superficial por partículas suspendidas.	1
	Suministro de energía eléctrica	Desplazamiento de vegetación para introducción de línea de energía eléctrica.	16
	Disposición de residuos sólidos	Contaminación de suelo	4 y 12
Disposición de residuos líquidos	Contaminación de agua superficial	3, 4 y 12	

ETAPA	ACTIVIDAD	IMPACTO QUE SE MITIGARÁ	MEDIDA DE MITIGACIÓN.
	Emisiones a la atmósfera	Contaminación de aire por partículas suspendidas y gases contaminantes.	1 y 20
	Emisiones a la atmósfera	Contaminación de aire por partículas suspendidas y gases contaminantes.	1 y 20
	Construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales	Contaminación de aire y agua superficial por partículas suspendidas.	1
	Instalación de equipo y maquinaria	Perdida de cobertura vegetal. Impacto en la recarga del acuífero por impermeabilización de superficies.	14, 17
	Emergencias (Riesgos)	Ruido y afectación en la seguridad de la sociedad.	2

ETAPA	ACTIVIDAD	IMPACTO QUE SE MITIGARÁ	MEDIDA DE MITIGACIÓN.
OPERACIÓN	Demanda de agua	Afectación al acuífero	6, 7, 8, 14, 17 y 19
	Demanda de energía eléctrica	Consumo de energía	19
	Demanda de combustible	Posibles eventualidades	18 y 23
	Demanda de personal	Demanda de servicios	19
	Transporte de personal	Contaminación de aire y agua superficial por partículas suspendidas.	20
	Transporte de productos (Operación de aeronaves, ferrocarril y vehículos automotores).	Contaminación de aire por emisión de gases, partículas suspendidas y ruido, así como posible afectación a aves que pudieran cruzar el espacio aéreo del Centro de carga.	9, 10, 16 y 20
	Descarga de aguas residuales	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas.	6, 7 y 8
	Limpieza y requerimientos de aeronaves	Contaminación de aguas superficiales, subterráneas y suelo.	7 y 8
	Residuos no peligrosos	Contaminación de suelo.	4
	Residuos peligrosos	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas y afectación a la salud y seguridad de la población.	5, 21 y 22
	Sistema de tratamiento de aguas residuales	Generación de lodos activos	5, 21 y 22
	Emisiones a la atmósfera, provenientes de las instalaciones	Contaminación del aire	16 y 24

ETAPA	ACTIVIDAD	IMPACTO QUE SE MITIGARÁ	MEDIDA DE MITIGACIÓN.
	Ruido	Contaminación del aire	15 y 16
	Olores	Contaminación del aire	16

ETAPA	ACTIVIDAD	IMPACTO QUE SE MITIGARÁ	MEDIDA DE MITIGACIÓN.
ABANDONO DEL SITIO	Desmantelamiento de la obra civil	Contaminación de aire y agua superficial por partículas suspendidas y ruido.	1 y 20
	Desmantelamiento de la obra sanitaria	Contaminación de aire y agua superficial por partículas suspendidas y ruido.	1 y 20
	Equipo y maquinaria pesada	Contaminación de aire por emisión de gases de carburación y ruido.	1 y 20
	Requerimientos de mano de obra	Contaminación de suelo y agua superficial por disposición inadecuada de residuos del personal	3, 4, 11 y 12
	Transporte de personal	Contaminación de aire y agua superficial por partículas suspendidas.	20
	Disposición de residuos	Contaminación de suelo	4
	Emisiones a la atmósfera	Contaminación del aire	1 y 20
	Ruido	Contaminación del aire	1 y 20

CAPITULO VII

PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.

VII.1. Programa de monitoreo

AIRE:

Objetivo. Conocer el comportamiento de la calidad del aire en la zona del proyecto.

A la fecha, el Gobierno del Estado de Hidalgo opera una Red de Monitoreo Atmosférico en la región Tula –Tepeji, la cual en breve será fortalecida con una estación automática para determinar contaminantes criterio. Sin embargo, considerando la importancia de realizar un monitoreo de la calidad del aire en el Valle de Tizayuca, debido al proyecto a desarrollar, en el corto plazo se ampliará dicha Red para la Región de Tizayuca, lo que permita contar en breve con índices de la calidad del aire, durante las diferentes etapas del proyecto Aeropuerto Metropolitano de México. Dicha información, a su vez será remitida al Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire (SINAICA), que coordina la SEMARNAT, a fin de contribuir a la generación y actualización de indicadores en esa materia.

Las variables a monitorear serán:

- Ozono
- Bióxido de Azufre
- Bióxido de Nitrógeno
- Monóxido de Carbono
- Partículas PM 10
- Ruido

Las unidades de medición así como los procedimientos y técnicas de muestreo serán las establecidas para estos parámetros por las normas oficiales mexicanas, mismas que a continuación se citan:

NOM-034-SEMARNAT/93, que establece los métodos de mediciones para determinar la concentración de monóxido de carbono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.

NOM-036-SEMARNAT/93 que establece los métodos de medición para determinar la concentración de ozono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.

NOM-081-ECOL-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.

NOM-037-SEMARNAT/1993, Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de nitrógeno en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición

NOM-038-SEMARNAT/1993, Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de azufre en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.

NOM-022-SSA1-1993, Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al bióxido de azufre (SO₂). Valor normado para la concentración de bióxido de azufre (SO₂) en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población.

NOM-025-SSA1-1993, Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas menores de 10 micras (PM₁₀). Valor permisible para la concentración de partículas menores de 10 micras (PM₁₀) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.

El monitoreo se efectuará conforme a la normatividad vigente, bajo la responsabilidad del Consejo Estatal de Ecología.

Residuos municipales

Objetivo. Conocer el comportamiento de la generación y manejo de los residuos en la zona del proyecto.

Las variables a monitorear serán:

Tipo de material (cartón, papel, plástico, vidrio, otros)

Volúmenes

Porcentajes de recuperación

Porcentaje destinada a confinamiento

Cantidad y ubicación de los contenedores

El responsable de llevar a cabo estas tareas será el área administrativa del Aeropuerto Metropolitano de México, quien deberá reportar la generación, manejo y disposición final a la autoridad competente, como lo señalan los artículos 99 y 100 de la Ley para la Protección al Ambiente en el Estado de Hidalgo, además de considerar lo establecido en los artículos 9 fracción VI, 19 fracción IV y 20 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos en referencia a la integración de Planes de Manejo. Para efectuar su actividad, requerirá implantar una libreta de control que funcione como bitácora y una cámara fotográfica que le permita elaborar el archivo fotográfico.

AGUA

Objetivo. Conocer el comportamiento de las fuentes de suministro de agua potable.

Las variables a monitorear serán:

Calidad del agua potable

Volúmenes de aprovechamiento

Las unidades de medición así como los procedimientos y técnicas de muestreo serán las establecidas por la norma oficial mexicana (NOM-127-SSA1-1994 y demás normas oficiales de referencia.

Los responsables de ejecutar los trabajos en este rubro serán la Comisión de Agua y Alcantarillado de los Sistemas Intermunicipales y en su caso los Organismo Operadores del Agua.

SOCIO ECONOMICO

Objetivo. Conocer el comportamiento de la calidad de vida de las comunidades en el área de influencia del proyecto.

Las variables a monitorear serán:

Mano de obra calificada de la región
Mano de obra no calificada de la región
ambas empleadas dentro del proyecto

El responsable de ejecutar la actividad será el Municipio en coordinación con el área administrativa del desarrollo. Para efectuar la actividad se requiere tener registros sobre la plantilla de personal y mantener contacto con los pobladores de la Región para dar seguimiento.

VII.2 Conclusiones.

A continuación se presentan las conclusiones del estudio de impacto ambiental, tomando en consideración los rubros manejados en el análisis de los impactos ambientales, destacando que para la mayoría de ellos se cuenta con medidas para prevenirlos, mitigarlos o compensarlos:

AGUA

Este factor no resultará afectado por el proyecto, en virtud de que no hay corrientes superficiales de agua importantes en la zona; la reducción en la recarga del acuífero por el desplante de las obras no es significativa; además este aspecto se compensa mediante la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales, infraestructura que permitirá reutilizar las aguas residuales y tratadas en el riego de áreas verdes. Paralelo a ello, se plantea la captación de las aguas pluviales, de acuerdo a lo sugerido en el Plan de Manejo de Agua del Valle de Tizayuca.

SUELO

La construcción de un proyecto de esta envergadura en una zona cuyas características ecológicas han sido impactadas en un alto grado por las actividades antropogénicas, disminuye la posibilidad de que dichas obras o actividades consideradas en el proyecto causen impactos ambientales significativos, ya que en todo caso dichos impactos adversos ya se manifestaron con anterioridad, ejemplo de ello es la pérdida casi en su totalidad de la vegetación nativa, pues es sólo en las partes altas del valle en donde todavía se pueden observar algunas especies de flora de la Región. En este sentido, el retiro de la tierra vegetal es una modificación radical, ya que se pierde superficie de infiltración, sin embargo, y con la finalidad de mitigar los posibles impactos adversos por este factor, se plantea la construcción y operación de una planta de tratamiento de aguas residuales. Dicho efluente será utilizado para el riego de las áreas verdes.

FLORA

Se considera que los impactos adversos en este rubro son insignificantes y despreciables, ya que como se citó anteriormente y como se observa en el archivo fotográfico la estructura ha sido

fuertemente perturbada por actividades antropogénicas (agricultura de temporal), ya que el caso que nos ocupa refiere el uso del suelo desde tiempos antiguos por lo que no se considera una pérdida la estructura de vegetación. Cabe destacar, que no se tienen ningún tipo de especies catalogadas en algún estatus de conservación o protección.

FAUNA

Derivado de que las características del terreno son "pobres", no se tiene un habitat megadiverso para la sobrevivencia de las especies de fauna, por lo que ésta se reduce a ratones, ardillas y conejos, entre otros. Asimismo y con la finalidad de mitigar los posibles efectos adversos a dichas especies, se plantea el desarrollo de las obras por etapas, lo que permita la migración de los individuos hacia las áreas circundantes

AIRE

Debido a que el proyecto se localiza en una zona abierta y esta cuenta con condiciones favorables para la dispersión de las emisiones, no se espera un impacto significativo en la calidad del aire.

Por otro lado, el ruido se considera con un grado de impacto significativo por la operación de las aeronaves, sin embargo este no es representativa en la población ya que la longitud de las pistas (4,876.5 m) permite que la altura que alcancen los aviones en el despegue sea alta y dentro del mismo polígono que comprende el proyecto Valle Tizayuca. Para ello, se establecerá un Programa de Monitoreo en materia de calidad del aire y ruido.

USOS DE SUELO

Desde la visión del desarrollo urbano regional el proyecto Aeropuerto Metropolitano de México, responde en las políticas y estrategias vigentes para la zona metropolitana del Valle de México.

Asimismo, en los planes y programas para la zona metropolitana se plantea utilizar a los grandes equipamientos regionales como estructuradores del desarrollo (Arco Norte), evitando mayor saturación de la infraestructura existente y aprovechando los efectos de inducción en zonas previstas para nuevos crecimientos.

En este caso, se perderán 882 hectáreas de agricultura de temporal, sin representar un impacto significativo en entorno regional, ya que además se reforestarán 98 has, superficie destinada como áreas verdes.

El uso urbano en general será beneficiado en la zona limítrofe al polígono del proyecto Valle Tizayuca, del cual forma parte el desarrollo de Aeropuerto Metropolitano de México. En este sentido es importante destacar que el destino de los usos del suelo está planeado, a través de los Programas de Ordenamiento Ecológico Territorial del Valle Pachuca-Tizayuca y el Plan Subregional del Valle de Tizayuca, instrumentos que consideraron ya la construcción de un proyecto de esta envergadura y los usos compatibles en su área de influencia. En este sentido, se trabaja en la actualización de los Programas de Desarrollo Urbano Municipales de Zapotlán, Zempoala, Tizayuca y Tolcayuca, a fin de hacer compatibles dichos instrumentos.

No habrá afectación significativa en los bancos de materiales ya que estos se encuentran en operación, por lo que únicamente se abatirá la vida útil de estos.

El proyecto no afectará los caminos existentes, más por el contrario los beneficiará, pues serán rehabilitados y modernizados; el incremento en el tráfico vehicular no será significativo para la capacidad de los caminos como son la carretera 85 y el acceso a la población de Villa de Tezontepec.

En el paisaje se tendrá una transformación importante e irreversible, aunque no representa un impacto de consideración por no tener un valor atractivo-económico.

SOCIEDAD

El ruido, la emisión de gases de combustión por el tráfico aéreo y vehicular no significarán un factor de riesgo a la salud de la población, ya que como se citó anteriormente, la Declaratoria del Destino para el Desarrollo Integral del Valle de Tizayuca, comprende una superficie de 11,437-80-95 has; documento mediante el cual se planeará y ordenará el desarrollo, en estricta compatibilidad con el proyecto de Aeropuerto Metropolitano de México.

Asimismo el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Valle Pachuca-Tizayuca y el Plan Subregional del Valle de Tizayuca, busca el desarrollo sustentable y armónico de las actividades y obras que en la región se plantean a través de las potencialidades del uso del suelo y de la designación de sus destinos en base a la capacidad de los recursos en él existentes. En este sentido se trabaja en la actualización de los Programas de Desarrollo Urbano Municipales de Zapotlán, Zempoala, Tizayuca y Tolcayuca entre otros.

La infraestructura de los servicios se verá impactada favorablemente, pues estos además de ampliar su cobertura deberán ser más eficientes.

El fortalecimiento de la vigilancia en la zona y la observancia debida a los señalamientos permitirá reducir los índices de accidentes o eventualidades.

ECONOMÍA

El desarrollo Aeropuerto Metropolitano de México, será un importante detonador de proyectos de desarrollo económico, que generarán empleos permanentes y una mayor derrama de recursos. Esto tiene una doble función: por una parte, apoyará la viabilidad del propio aeropuerto al proporcionarle ingresos no aeronáuticos, como sucede en muchas terminales aéreas exitosas en el mundo; por otra parte, las haciendas municipales se verán fortalecidas.

Una infraestructura de este tipo, que permita un nodo multimodal para movilizar mercancías, sin duda dará a México una mayor competitividad, y se aprovechará de manera eficiente los tratados comerciales internacionales.

Asimismo se preservará e incrementará la inversión y el empleo, lo que repercutirá en el poder adquisitivo y mejora de la calidad de vida de las comunidades a nivel regional.

Paralelo a ello, será fortalecida la infraestructura vial terrestre, destacando la renovación de la infraestructura ferroviaria.

Por la forma en que está concebido el proyecto (desarrollo en etapas), permite que la inversión requerida para su construcción y operación sea flexible en el esquema financiero, lo que permite

autogenerar flujos para las etapas subsecuentes. A partir de esta premisa el proyecto de Aeropuerto Metropolitano de México, constituye un vehículo generador de riqueza, que contribuirá a beneficiar a los municipios de la zona nororiente de la megalopolis, pertenecientes a los Estados de México e Hidalgo. Dichos municipios han sido tradicionalmente expulsores de mano de obra, lo que constituye un combate de la pobreza y la marginación.

Resumiendo, se concluye que el proyecto **es viable** en sus aspectos ambiental, social y económico, en virtud de estar acompañado de las medidas pertinentes para hacerlo compatible con el entorno.

VII.3 Recomendaciones.

CON LA FINALIDAD DE DAR SEGURIDAD AL AEROTRANSPORTE SE EMITEN LAS SIGUIENTES RECOMENDACIONES EN EL RUBRO DE FAUNA NATIVA, PARTICULARMENTE PARA LAS AVES:

Lograr el acuerdo ante las autoridades competentes a fin de que se acondicionen las instalaciones de la Base Aérea Militar No.1, con las pistas requeridas, equipo de radar, sistemas de aterrizaje por instrumentos de iluminación y de comunicación necesarios, a efecto de llevar a cabo las operaciones en una forma coordinada y segura, siendo además necesario efectuar juntas de coordinación con la Dirección General de Aeronáutica Civil y los Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano (SENEAM), a fin de reestructurar las áreas restringidas, y de igual forma las salidas y las llegadas de la Base Aérea Militar de Santa Lucía.

Observancia a los criterios y políticas ambientales señalados en el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Valle Pachuca-Tizayuca, por parte de las autoridades federales, estatales y municipales, así como de los diferentes sectores de la sociedad, lo que permitirá que efectivamente el uso del suelo sea utilizado en base a su potencial, manteniendo una relación armónica con el entorno, lo que garantice la previsión de posibles impactos de mediano y largo plazo a nivel local y regional.

Apego al Programa Estatal de Desarrollo Urbano del Estado de Hidalgo, lo que permita un crecimiento verdadero y sostenible de las comunidades aledañas al proyecto, y se evite así la generación de cinturones de miseria alrededor del desarrollo, lo que repercuta en la imagen, seguridad y economía de la zona no sólo local, sino regional y con posibles impactos adversos en el comercio internacional. Es importante destacar que la propuesta de desarrollo urbano y regional articulará una estrategia territorial incluyente, coherente con las expectativas de la población local, que valore y eleve la productividad de las áreas rurales, preserve sus valores culturales y propicie la generación de empleo y desarrollo sostenido.

Crear y poner en marcha los instrumentos legales y de planeación que garanticen la eficiente y eficaz operación del Fideicomiso de la Tierra y la Infraestructura.

Fortalecer institucionalmente a las administraciones municipales de Tizayuca, Tolcayuca, Zapotlán de Juárez, Villa de Tezontepac, Zempoala, Epazoyucan y Mineral de la Reforma para que puedan administrar eficientemente el territorio y los servicios públicos urbanos de su competencia.

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

VIII.1. Formatos de presentación

VIII.1.1. Planos de localización

I.- Proyecto Aeropuerto Metropolitano de México. Fuente: COEDE, Ordenamiento Ecológico Territorial del Valle Pachuca-Tizayuca, 2004.

II.- Distribución de la población. Fuente: COEDE, Ordenamiento Ecológico Territorial del Valle Pachuca-Tizayuca, 2004.

III.- Fisiográfico.- Fuente: COEDE, Ordenamiento Ecológico Territorial del Valle Pachuca-Tizayuca, 2004.

IV.- Microlocalización. Fuente: COEDE, Ordenamiento Ecológico Territorial del Valle Pachuca-Tizayuca, 2004.

V.- Macrolocalización. Fuente: COEDE, Ordenamiento Ecológico Territorial del Valle Pachuca-Tizayuca, 2004.

VI.- Geología. Fuente: COEDE, Ordenamiento Ecológico Territorial del Valle Pachuca-Tizayuca, 2004.

VII.- Edafología. Fuente: COEDE, Ordenamiento Ecológico Territorial del Valle Pachuca-Tizayuca, 2004.

VIII.- Geomorfología. Fuente: COEDE, Ordenamiento Ecológico Territorial del Valle Pachuca-Tizayuca, 2004.

IX.- Hídrico. Fuente: COEDE, Ordenamiento Ecológico Territorial del Valle Pachuca-Tizayuca, 2004.

X.- Fauna. Fuente: COEDE, Ordenamiento Ecológico Territorial del Valle Pachuca-Tizayuca, 2004.

VIII.1.2. Fotografías

I. DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

1.1 Promovente

I.1.1 Nombre o Razón Social

Corporación Aeroportuaria Hidalgo

I.1.2 Registro Federal de Contribuyentes

En trámite

I.1.3 Nombre y cargo del representante legal

Protegido por IFAI: Art. 3ro. Frac. VI, LFTAIPG

I.1.4 Registro Federal de Contribuyentes y Cédula Única de Registro de Población del representante legal

Protegido por IFAI: Art. 3ro. Frac. VI, LFTAIPG

I.1.5 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones

Protegido por IFAI: Art. 3ro. Frac. VI, LFTAIPG

I.1.6 Actividad productiva principal

La Corporación Aeroportuaria Hidalgo es un organismo público descentralizado de la administración pública estatal, del Gobierno del Estado de Hidalgo, con personalidad jurídica y patrimonios propios, la cual se crea por decreto gubernamental el 21 de junio del 2004, publicado en el Periódico Oficial del Estado. Su función principal es la de dirigir el proceso técnico, administrativo, legal y financiero que implica la adquisición, constitución, administración, explotación y conservación de la infraestructura aeroportuaria estatal.

I.1.8 Inversión estimada

La fase 1 del megaproyecto Valle Tizayuca, que involucra la construcción del Aeropuerto Metropolitano de México (aeropuerto y cargo city), es de 422.706 millones de dólares.

1.2 Responsable de la elaboración del estudio de riesgo ambiental

I.2.1 Nombre ó Razón Social

Consejo Estatal de Ecología del Gobierno del Estado de Hidalgo

I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes

CEE-940718D48

I.2.3 Nombre del responsable de la elaboración del Estudio de Riesgo Ambiental

Protegido por IFAI: Art. 3ro. Frac. VI, LFTAIPG

I.2.4 Reaistro Federal de Contribuyentes

Protegido por IFAI: Art. 3ro. Frac. VI, LFTAIPG

Protegido por IFAI: Art. 3ro. Frac. VI, LFTAIPG

II. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

II.1 Nombre del proyecto

Aeropuerto Metropolitano de México.

II.1.1 Descripción de la actividad a realizar, su(s) procesos, e infraestructura necesaria, indicando ubicación, alcance, e instalaciones que lo conforman.

El proyecto consiste en construir y operar un aeropuerto y cargo city junto con sus áreas de apoyo consistentes en la base de operaciones y central de carga, y toda vez que las aeronaves deberán necesariamente tener un área de abasto de combustible dentro del sitio, el estudio se enfocará a la evaluación de las actividades de almacenamiento, suministro y distribución de combustibles (turbosina y gas avión) a las aeronaves del Aeropuerto Metropolitano de México. Se contará con cinco tanques de almacenamiento para la turbosina con capacidad de 300,000 lts cada uno y cuatro tanques para el almacenamiento de gas avión con capacidad de 80,000 lts

La planta de combustibles abastecerá de turbosina y gas avión a las distintas aeronaves que arriben al Aeropuerto Metropolitano de México. La actividad principal se realizará a través de auto tanques, mismos que trasladarán los combustibles a la zona de llenaderas para realizar el abastecimiento correspondiente.

Por lo anterior, es importante señalar que los procesos de almacenamiento, traslado y abasto de aviones se efectuará vía auto tanques.

II.1.2 ¿La planta se encuentra en operación?

De acuerdo a lo señalado en la MIA-R, el Aeropuerto Metropolitano de México, no presenta avance de obra, incluyendo obviamente su planta de combustibles.

II.1.3 Planes de crecimiento a futuro, señalando la fecha estimada de realización.

La superficie total del Proyecto Valle Tizayuca involucra 11,437-80-95 has, dentro de las cuales se propone el desarrollo del Aeropuerto Metropolitano de México, éste en una superficie de 980 has, que considera las siguientes obras:

PROYECTOS A CORTO PLAZO

a) Terminal Intermodal de Carga.

Ubicada estratégicamente en el cruce de la vía ferroviaria a Pachuca y el Libramiento Arco Norte, ofreciendo excelente comunicación con las ciudades del interior de la República.

b) Aeródromo de carga.

PROYECTOS A MEDIANO PLAZO

a) Tecnopolo

Atraer industria de alta tecnología y promover la incubación de nuevas empresas de base tecnológica así como establecer programas de investigación y preparación de recursos humanos.

b) Equipamiento recreativo e infraestructura comercial

COMO PROYECTOS ASOCIADOS A LARGO PLAZO, SE TIENEN:

- Parque para Microindustrias
- Parque Industrial
- Complejo Integral de Agricultura Intensiva
- Central de Acopio de Perecederos
- Proyectos Productivos Comunitarios
- Vivienda
- Nodo de Servicios Metropolitanos
- Recinto Ferial y de Convenciones
- Complejo Hospitalario de Especialidades

Con base en lo antes señalado, y de acuerdo al incremento de operaciones aéreas, se considera que los 9 tanques de almacenamiento serán suficientes para atender la demanda de combustible, de acuerdo al crecimiento a mediano y largo plazo. Por ello, y en función de las necesidades, se estima en la primera etapa iniciar con 5 tanques de turbosina y 4 tanques de gas avión.

Todo lo antes señalado estará soportado y orientado por el Plan Maestro del aeropuerto, mismo que se encuentra en proceso de elaboración.

II.1.4 Vida útil del proyecto

99 años

II.1.5 Criterios de ubicación

Es importante señalar y referir como antecedentes sobre criterios de ubicación, que el proceso de selección del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, se evaluaron en el Estado de Hidalgo algunos predios, de estos el que reunió los requerimientos de la OACI fue el sitio actualmente en estudio, mismo que la UNAM evaluó y comparó con el sitio Texcoco en los rubros de hidrología, contaminación, desarrollo urbano, potencial del suelo, geotecnia ambiental, diversidad biológica y riesgos para la operación del aeropuerto.

Dicho estudio se denominó: ***Evaluación ambiental comparativa de dos sitios considerados para la reubicación del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Cd. de México (NAICM)***, sus conclusiones y recomendaciones han sido analizadas y retomadas como lineamientos complementarios para fortalecer la integración tanto del Manifiesto de Impacto

Ambiental-Modalidad Regional, y el presente estudio de riesgo, de acuerdo a lo sugerido por el Programa Universitario de Medio Ambiente-UNAM.

Es de especial relevancia señalar que el equipo interdisciplinario que se integró, concluyó que en términos ambientales, ninguna de las dos opciones predominó sobre la otra, independientemente de que en dicho estudio se identifican patrones de afectación específicos para cada opción; sin embargo, una de las ventajas del sitio Tizayuca es que exigirá menores requerimientos de agua, generará una menor pérdida del potencial suelo y presentará menores riesgos a la construcción asociados a grietas y hundimientos.

Una vez tomada la decisión a favor de Texcoco, el proyecto de aeropuerto propuesto por el Estado de Hidalgo, se reorientó; para ello, se realizaron estudios geológicos, de mecánica de suelos, hidrológicos (Plan de Manejo del Agua; documento que refiere el Diagnóstico del Manejo Actual del Agua en la Subcuenca Valle Tizayuca) y ambientales (Auditoria Ambiental Fase I para el polígono, propuesta para el emplazamiento del aeródromo de Carga en el Valle de Tizayuca), entre otros, a fin de desarrollar en éste el Aeropuerto Metropolitano de México.

Es importante mencionar que el terreno y en general la zona de estudio, cumple con los requerimientos que señala la OACI para proyectos de esta naturaleza:

- Visibilidad adecuada
- Características del uso del suelo
- Capacidad de carga del suelo
- Características meteorológicas
- Proximidad a centros de demanda, no sólo al de la Ciudad de Pachuca, Estado de México o Distrito Federal, sino también al resto de los Estados de la República Mexicana que conforman la corona de ciudades.
- Criterios de sustentabilidad e impulso de nuevos polos de desarrollo.
- Infraestructura vial actual y proyectada

Por otra parte, las condiciones geográficas del Valle Tizayuca hacen de este un sitio particularmente apto para operaciones aéreas seguras, ya que ofrece las siguientes ventajas:

- Se encuentra en una zona con baja sismicidad y fuera del área de riesgo secundario asociado con la emisión de cenizas volcánicas del Popocatepetl.
- La región no está sujeta a inundaciones o contaminación atmosférica.
- El suelo es compatible con la construcción de grandes estructuras, con una capacidad de carga que oscila entre las 30 y las 45 toneladas por metro cuadrado.
- Los suelos tienen bajo contenido orgánico y no presentan problemas relacionados con alta salinidad o contenido de sodio.
- El trabajo requerido para nivelar el sitio es mínimo.
- No existen especies de flora o fauna protegidas en el polígono del aeropuerto.
- El riesgo de interacción entre la vida silvestre y las aeronaves es mínimo.

Además, se dispone de una amplia y eficiente infraestructura para las comunicaciones por carretera y ferrocarril. Tal es el caso de la actual autopista México-Pachuca; las autopistas México-Tuxpan, Pachuca-Actopan; Tula-Actopan y en proceso de construcción la autopista

Pachuca-Tulancingo, Pachuca-Tepeapulco (Cd. Sahagún) y la vía corta de ferrocarril México-Pachuca, todas las cuales pasan a un costado del área del proyecto Valle Tizayuca.

Cabe destacar que las comunicaciones señaladas se coordinan perfectamente con las carreteras México-Tuxpan y Palmillas-Sahagún-Apizaco (en proyecto), así como con tramos carreteros de otros en estados, lo cual permite conectar por primera vez y prácticamente en línea recta, al Pacífico con el Golfo, además de unir al Norte, Occidente y Sureste del País, constituyendo al Proyecto Valle Tizayuca en el detonador de la zona Centro País.

Por otro lado, se da la máxima prioridad a la propuesta de construcción del Libramiento Arco Norte, que hará posible vincular a la corona de ciudades y permitirá el flujo del transporte desde el Sureste y el Golfo de México hacia el Occidente y el Norte, sin cruzar por la Sierra Nevada y la Ciudad de México.

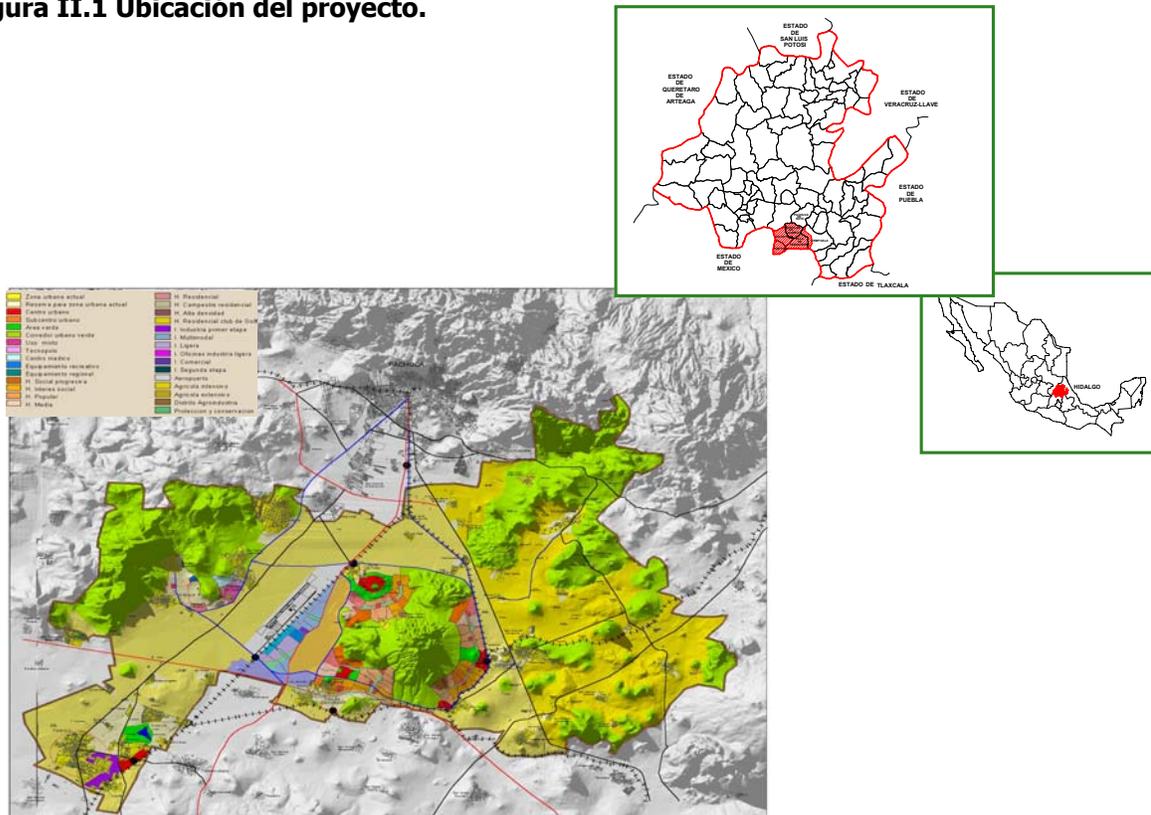
Es importante citar que el Proyecto Valle Tizayuca, contempla la instalación de una Estación de Carga Intermodal con equipo y tecnología de punta para su operación, superando las limitaciones de transporte que se observan en el centro del País y conjugando el transporte de mercancías por avión, ferrocarril y camiones, para mayor atractivo de empresas que utilizan programas "justo a tiempo" y de empresas internacionales que buscan condiciones de infraestructura similares a las de su País de origen.

Para este desarrollo se contempla utilizar la vía de ferrocarril que ya existe a un costado del proyecto de aeropuerto, el cual es poco usado en sus puntos estratégicos y tiene acceso a las principales vías férreas, a fin de unir al aeropuerto Metropolitano de México con el aeropuerto de la Ciudad de México, además de que se programan acciones como la construcción de otras líneas, un entronque entre Tula, Pachuca y el Proyecto Valle Tizayuca, la operación de trenes unitarios con tracción diesel sobre la línea doble electrificada México-Querétaro. Además de la rehabilitación de diversos tramos ferroviarios, para que sean capaces de transportar carros de 120 toneladas métricas, característica requerida para el enlace de viajes procedentes y con destino a los Estados Unidos de América.

II.2 Ubicación del proyecto

El Aeropuerto Metropolitano de México se proyecta construir en terrenos de los municipios de Zapotlán de Juárez y Villa de Tezontepec, en el Estado de Hidalgo. Los predios en estudio se encuentran delimitados al Sureste por el camino de acceso a Villa de Tezontepec (cabecera municipal); al Noreste por la vía de ferrocarril México-Pachuca y terrenos de cultivo de temporal; al Noroeste con terrenos de cultivo de Zapotlán de Juárez, autopista Mexico-Pachuca y al Suroeste con la autopista México-Pachuca y terrenos de cultivo temporaleros. (Figura II.1).

Figura II.1 Ubicación del proyecto.



Se cuenta con el dominio pleno y la adquisición de la superficie total que involucrará la construcción del Aeropuerto Metropolitano de México, soportado principalmente por el Decreto Gubernamental, mediante el cual se emite la Declaratoria de Destino para el Desarrollo Integral del Valle de Tizayuca.

El uso del suelo en el polígono que comprende el desarrollo Aeropuerto Metropolitano de México, es netamente agrícola de temporal con rendimiento bajo, según lo establece el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Hidalgo. En ese sentido, y considerando el Decreto Gubernamental antes citado, el Ordenamiento Ecológico Territorial de la región Valle Pachuca-Tizayuca, contempla el polígono del Desarrollo Integral del Valle de Tizayuca, en donde se prevé la realización de proyectos estratégicos (actividades aeroportuarias, industriales, comerciales y de servicios).

III. ASPECTOS DEL MEDIO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO.

III.1 Descripción de (los) sitio (s) o área (s) seleccionada (s)

El presente estudio de riesgo esta ligado a la Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional, Sector Vías de Comunicación, por lo que este capítulo se detalla en la descripción y caracterización del sistema ambiental regional desarrollado.

III.2 Características climáticas

III.2.1 Temperatura (mínima, máxima y promedio)

Temperatura media anual entre 12°C y 18°C.

Temperatura media del mes más frío entre -3°C y 18°C.

Temperatura media del mes más caliente por debajo de 18°C. (García 1964).

Así mismo los Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano (SENEAM), instaló una estación meteorológica en Zapotlán de Juárez, Hgo., en la que se ha obtenido una temperatura promedio de 15°C (Aeropuerto Internacional de Tizayuca, Hidalgo, Visión de Desarrollo Regional, Septiembre, 2001). (Cuadro III.1)

Cuadro III.1 Datos climáticos por estación meteorológica

Nombre	Observatorio Meteorológico de Pachuca	Tizayuca	Tolcayuca	Villa de Tezontepec
Coordenadas	LN 20° 07' LO 98° 44' Alt. 2,415 m.	LN 19° 50' LO 98° 58' Alt. 2,109 m.	LN 19° 57' LO 98° 55' Alt. 2,400 m.	LN 19° 53' LO 98° 49' Alt. 2,326 m.
Periodo (años)	T - 76 P - 76	T - 29 P - 29	T - 20 P - 24	T - 38 P - 37
Temperatura media anual (°C)	14.7	15.6	16.5	14.3
Precipitación anual (mm)	378.6	611.2	665.8	546.2
Relación Presión /Temperatura	25.7	39.1	40.35	38.2
Precipitación Invernal (%)	8.55	7.01	7.55	6.1
Oscilación térmica (°C)	4.9	7.4	4.4	6
Tipo de clima	BS₁k'(w)igw"	C(w ₀)(w)b(e)gw"	C(w ₀)(w)b	BS ₁ k'(w)(i')g

Fuente: Datos proporcionados por CAASIM, a partir de los registros de C.N.A, con base en los datos de E.García (1964).

III.2.2 Precipitación pluvial (mínima, máxima, promedio).

Precipitación media anual de 531.4 mm, con mayor precipitación los meses de julio y agosto.

III.2.3 Dirección y velocidad del viento (promedio)

La dirección y velocidad del viento, es de interés, de acuerdo a los datos del Observatorio Meteorológico de Pachuca (Cuadro III.2); se desprende una amplia influencia de los vientos alisios y las ondas del Este asociadas a ellos, cuyas direcciones predominantes son del norte, noreste y noroeste en menor grado. Durante los meses fríos y secos, influidos por las vaguadas ciclónicas, los vientos predominantes pueden ser del suroeste. Dichas vaguadas, causan cambios en la dirección del viento y en la presión de la atmósfera en la región, lo que provoca inestabilidad del aire por enfriamiento adiabático brusco. El aumento en la inestabilidad del aire influye forzosamente en el gradiente barométrico, aumentando con ello, las fuertes tolvaneras que se presentan en los meses de enero, febrero y marzo, principalmente en la parte de las planicies y parte del piedemonte, que remueven gran cantidad de partículas, principalmente sólidas.

Cuadro III.2 Vientos, Dirección y velocidad máxima absoluta.

AÑO	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO	
1980	N	22	NE	18	NE	20	N	18	NE	12	NE	18
1981	N	14	NE	14	SW	16	N	18	NE	14	N	12
1982	N	18.8	N	14.4	WSW	13.8	NNE	13.8	NE	13.3	NNE	15.5
1983	SSW	16.9	SSW	14.4	WSW	21.8	SSW	17.2	N	13.8	N	12.2
1984	N	11.1	WSW	12.7	N	10.3	NE	14.1	N	22.2	NNE	14.4
1985	NNE	10	N	18.3	N	18.8	NNE	14.4	N	13.8	N	14.4
1986	N	11.1	SSW	14.4	NNE	14.4	ENE	13.3	NNE	11.1	NE	11.6
1987	SSW	14.4	SSW	13.8	SSW	15.2	NNE	15.5	NE	13.8	N	14.4
1988	ENE	14.4	N	16.1	NE	13.3	N	15.8	NNE	14.4	N	13.3
1989	N	15	N	17.2	NNE	17.5	N	15.8	NNE	15.5	N	17.2
1990	NNE	15.5	N	14.4	N	15.5	N	14.4			NNE	15
1991	NNE	11.6	NNE	12.2	NNE	17.5	NNE	13.6	NNE	16.1	N	9.3
1992	NNE	18.8	WSW	14	NNE	14.4	SW	12.2	NNE	10.5	NNE	13.3
1993	NNE	13.3	SW	12.2	NNE	14.1	WSW	15.5	NNE	12.2	NNE	13.3
1994	N	15.5	N	13.8	NNE	12.7	N	17.7	NNE	14.4	NNE	13.8
1995	NNE	11.6	NNE	16.1	NNE	11.1	N	15.5	NNE	14.4	NNE	15.5
1996	N	13.3	NNE	14.4	SW	10	N	11.6	NNE	12.2	NNE	19.4
1997	SW	12.2	WSW	11.1	NNE	12.2			NE	8.8	N	11.6
1998	NNE	7.7	SSW	11.6	SSW	11.3	S	8.3	NNE	8.8	NE	11.1
1999	N	7.7	N	13.3	N	10	N	13	N	11.1	N	7.7

AÑO	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO	
PROM		13.7		14.3		14.5		13.9		12.6		13.7

Cuadro III.2 (continua). Vientos, Dirección y velocidad máxima absoluta.

AÑO	JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
1980	NE	14	NE	14	NE	14	N	16	NE	14	N	20
1981	NE	12	N	12	NE	12	NE	12	NE	12	NNE	14.4
1982	NNE	17.2	NNE	17.2	NNE	15.8	NNE	12.7	N	20	NNE	15.5
1983	NNE	16.6	NNE	16.1	NNE	13.4	NNE	13.6	NNE	15	NNE	16.6
1984	NNE	13.8	NNE	13.8	N	13.8	N	13.6	N	16.6	NNE	18.8
1985	NNE	16.6	N	17.7	N	14.4	NNE	14.4	N	14.1	NNE	12.2
1986	NE	14.7	N	15	NE	17.2	N	14.4	NNE	17.2	NE	12.7
1987	NNE	16.1	N	14.4	NE	16.6	N	15.5	N	13.3	NNE	16.6
1988	NNE	15.5	N	14.4	N	14.4	N	15.2	NNE	13.3	N	12.2
1989	N	16.3	NNE	12.2	N	14.4	N	11.1	N	16.6	NNE	14.4
1990	NNE	15.5	NNE	9.1	NNE	17.2	N	13.8	NNE	15.5	NNE	15.5
1991	NNE	13.3	NNE	14.7	NNE	13.8	NNE	12.7	NNE	17.2	N	13.8
1992	NNE	15.6	NNE	19	NNE	19.4	N	16.1	WSW	13.8	NE	14.4
1993	N	13.3	N	14.4	NNE	13.8	NNE	11.1	N	11.1	N	11.1
1994	N	15.5	NNE	13.8	NNE	12.2	NNE	11.1	NNE	13.8	N	12.7
1995	NNE	11.1	NNE	12.2	NNE	12.2	NNE	12.2	NE	12.2	SW	10.5
1996	NNE	11.1	NNE	13.8	NNE	10	NE	8.8	NE	10	NNE	13.3
1997	NE	10	NNE	10	NNE	10	N	8	N	10	SW	11.1
1998	NNE	11.1	N	10	NNE	11.6	NNE	8.8	NNE	8.3	NE	6
1999	N	10	N	8.3	N	15.5	N	12.2	N	11.1	N	10
PROM		13.9		13.6		14.1		12.7		13.8		13.6

Se puede concluir que la velocidad del viento en la zona a lo largo de todo el año es del tipo ligero, así como moderado, sin llegar en ningún momento al viento con una velocidad fuerte.

III.3 Intemperismos severos

¿Los sitios o áreas que conforman la ubicación del proyecto se encuentran en zonas susceptibles a:

(No) Terremotos (sismicidad)?

(No) Corrimientos de tierra?

(No) Derrumbes o hundimientos?

(No) Inundaciones (Historial de diez años)?

(Si) Pérdidas de suelo debido a la erosión?

(Si) Contaminación de las aguas superficiales debido a escurrimientos?

(No) Riesgos radiactivos?

(No) Huracanes?

IV. INTEGRACIÓN DEL PROYECTO A LAS POLÍTICAS MARCADAS EN LOS PROGRAMAS DE DESARROLLO URBANO

Este capítulo se detalla y precisa en la MIA-R desarrollada para el Aeropuerto Metropolitano de México, ingresada junto con el presente estudio de riesgo.

V. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

V.1 Bases de diseño

El Aeropuerto Metropolitano de México, se construirá en una superficie de 980 has y contará con una pista en su primer etapa, calles de rodamiento, hangares ejecutivos, hangares generales, plataformas de aviación, aduana, edificio terminal, torre de control, área de cuerpo de rescate, área de mantenimiento, subestación eléctrica, caminos de acceso e interiores, zona de combustibles y área de amortiguamiento, y se asentará sobre el Valle de Tizayuca el cual no presenta algún tipo de riesgos de sismos, deslizamientos, vulcanismo e incluso inundaciones; asimismo el clima es semiseco, en cuanto a fenómenos meteorológicos no hay incidencia de nieblas y la temperatura promedio es de 15 grados, el 90% del tiempo la visibilidad es mayor de 10 km, lo que permite realizar operaciones sin contra tiempos.

El diseño del aeródromo considera, en su primera etapa, la operación de una sola pista de dimensiones suficientes para recibir aeronaves de gran envergadura, pero con una contribución de solamente cuatro operaciones por hora al flujo del área terminal de México. Se pretende poder efectuar aproximaciones por instrumentos, denominadas "ILS categoría I", con una altura de decisión de 60 m (200 pies) en ambas cabeceras.

De manera general, para el diseño del aeródromo, se requirió analizar en primera instancia las rutas de despegue y arribos de aproximación de las aeronaves, a fin de comprobar que estas no estuvieran limitadas por obstáculos naturales, artificiales, electromagnéticos o meteorológicos, que pudiesen poner en riesgo la seguridad o la regularidad de las operaciones aéreas. En este sentido, para el diseño y orientación de la pista, el proyecto cuenta con estudios meteorológicos de por lo menos 6 años que permiten validar, con base en los vientos dominantes, la orientación propuesta para la pista; dicha orientación es de 032º/ 212º y las cabeceras se ubicarán en las coordenadas:

Lat 19° 57' 24.9891", Long 98° 49' 18.6871" y
Lat 19° 55' 21.6203", Long 98° 51' 04.254"

Lo anterior de acuerdo al Plan Subregional de Desarrollo Urbano del Valle de Tizayuca.

El análisis del espacio aéreo, superficies limitadoras de obstáculos y procedimientos de aproximación, aproximación fallida y salida, se fundamentó en los criterios establecidos por la OACI, tomando en cuenta los procedimientos de las llegadas y salidas del AICM vigentes a partir del 21 de febrero del 2002.

Se propone la instalación de dos radio ayudas como apoyo a los procedimientos de salida, de aproximación y de aproximación fallida a la pista del aeródromo de Valle Tizayuca.

Marco de referencia política y de plantación:

- Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006
- Política Aeronáutica
- Plan Estatal de Desarrollo 1999-2005
- Alternativas Aeroportuarias
- Ley de Aeropuertos y la clasificación de aeródromos
- Categorías de Aeródromos
- Normas Básicas de Seguridad (NBS)
- Superficies limitadoras de obstáculos para aeródromos civiles
- Servicios de rescate y extinción de incendios en los aeródromos civiles.

V.2 Descripción detallada del proceso

El acceso para el área de combustible será por la autopista México-Pachuca, mediante un entronque construido ex profeso, y será independiente del camino de acceso de los usuarios, consistiendo en dos parte principales: zona de almacenamiento y sistema de distribución.

Es importante mencionar que en las actividades previstas dentro del aeropuerto, no se contemplan líneas de producción, debido a que no existe un proceso de transformación de materia prima en producto terminado y por ende no hay reacciones primarias y secundarias consideradas de alto riesgo, únicamente se realizarán labores de almacenamiento y distribución de combustibles para las aeronaves.

De tal forma que en la zona de almacenamiento se proyectan los tanques contenedores de combustible, tanto para la turbosina utilizada en aviones a reacción como el gas avión para aviones de pistón. Esta área contará, además con sistema complementario contra incendios, bombeo, control de desperdicios y oficinas de control, así como la zona para los vehículos surtidores tanto de gas avión como de turbosina, para el cual se considera que en las etapas subsecuentes del aeropuerto, la construcción de una red de tuberías y bombas que llevarán hasta la plataforma, al pie de los aviones el combustible (turbosina), por medio de hidrantes; sin embargo para la primer etapa, (10 años iniciales), solamente se realizará la operación de distribución de combustibles y abastecimiento a los aviones por medio de auto tanques de almacenamiento, por lo que no habrá red de tuberías y válvulas.

El proceso será la recepción de combustible, almacenamiento, distribución y suministro a las aeronaves. Se contará con todas las instalaciones necesarias para realizar sus operaciones cotidianas y proporcionar el servicio de forma eficiente tales como:

- Una zona de almacenamiento con cinco tanques de almacenamiento para turbosina, con capacidad de 300,000 litros cada uno (primera etapa) y cuatro tanques para almacenamiento de gas avión de 80,000 litros de capacidad cada uno. En una superficie de 22.5 has.

- En el proceso de suministro de combustible, se contará con un lugar para los vehículos surtidores, tanto de gas avión como de turbosina (estacionamiento y área de llenado).
- Como equipo contra incendio se contará con una cisterna de agua con capacidad de 200,000 litros y tres sistemas de espuma con capacidad de 6 m³.
- Existirá una red de conexiones a "tierra" para evitar la acumulación de energía estática. Los equipos conectados a tierra son: tanques de almacenamiento, bomba, tuberías, estructura, así como transformador y centro de carga.
- Se contará con construcciones destinadas a oficinas, caseta de control, zona de mantenimiento, baños y cuarto de control eléctrico.

El proceso de recepción, almacenamiento y distribución se ilustra a continuación: (Fig. V.1 y Fig V.2):

- Arribo del semi-remolque
- Verificación del producto
- Descarga de combustible a tanques.
- Partida del semi-remolque
- Descarga de combustible a autotanque.
- Expendio de combustible de autotanque a aeronaves.

Materias Primas:

Combustibles:

Turbosina, almacenada en cinco tanques de acero al carbón, con 300,000 litros de capacidad cada uno y:

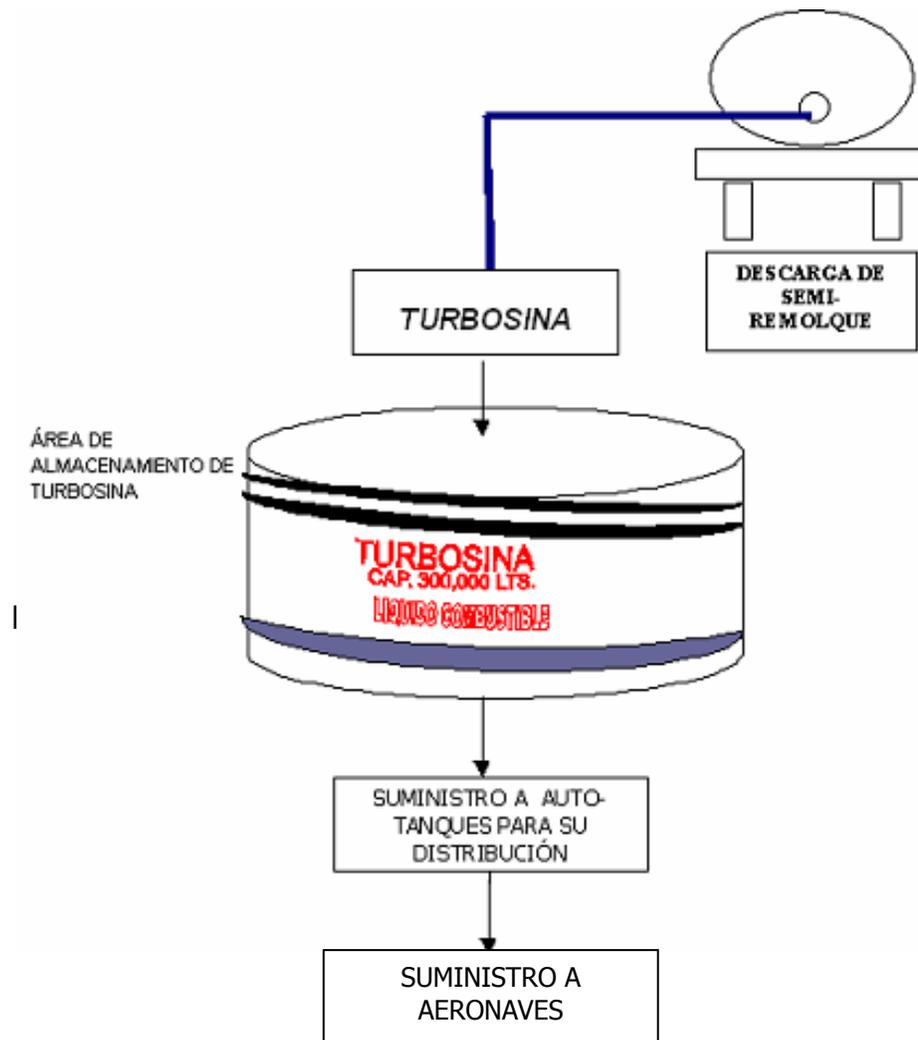
Gas avión, almacenado en cuatro tanques de acero al carbón de 80,000 lts. de capacidad cada uno.

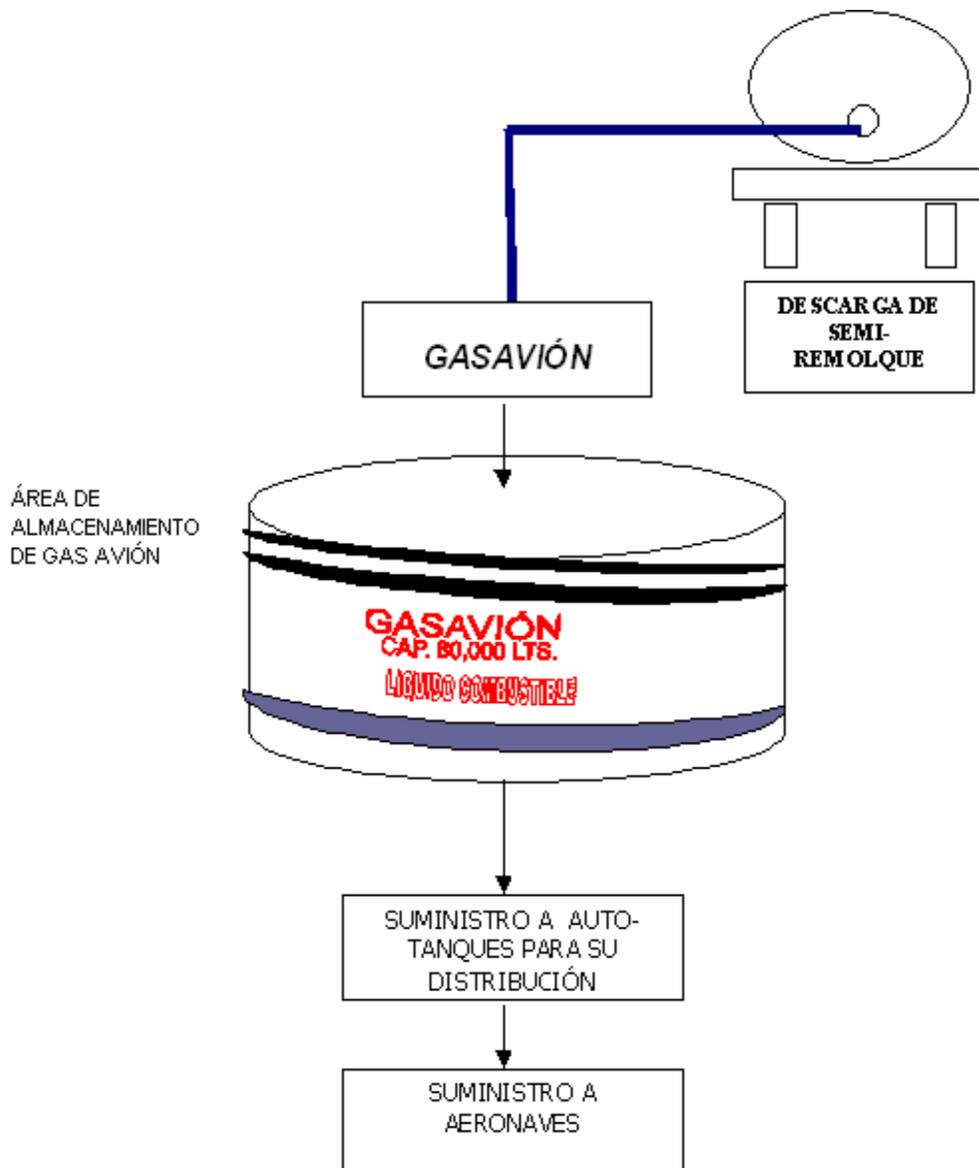
El suministro de turbosina será realizado por medio de auto tanques y/o semi-remolques provenientes de las instalaciones de PEMEX ubicadas la Refinería Miguel Hidalgo en Tula de Allende, Hidalgo., en tanto que el combustible gas avión también será transportado por los mismos medios pero proveniente de las instalaciones de PEMEX, ubicadas en Cd. Madero, Tamaulipas.

En la operación de control en el suministro de la turbosina como de gas avión, se contará con equipo técnico capacitado para verificar de forma manual las bombas que realizan la operación de llenado de tanques, previa filtración de combustibles, además se proyecta instalar equipo semiautomatizado contra fugas y derrames de los tanques.

DIAGRAMA DE BLOQUES PARA TURBOSINA

Figura V.1. Proceso de recepción y suministro de turbosina.





V.3 Hojas de seguridad

Ver capítulo VIII, anexo No. VIII.1.2 d

V.4 Almacenamiento

Las instalaciones de combustible para las aeronaves, del aeropuerto que nos ocupa, se componen de dos partes principales que son: zona de almacenamiento y sistema de distribución, el cual consistirá en una flotilla de auto tanques que llevarán los combustibles a los hangares y pistas para surtir a las aeronaves.

En la zona de almacenamiento de aproximadamente 22.5 has se tienen 5 tanques de 300 m³ para contener turbosina a una capacidad de entre el 80 y 90%, utilizada en aviones a reacción, y 4 tanques de 80 m³ de gas avión para aviones de pistón. Esta área cuenta además, con sistemas complementarios contra incendios, de bombeo, de control de desperdicios y las oficinas de control, así como un lugar para los vehículos surtidores de combustibles para las aeronaves.

El volumen de almacenamiento de turbosina será mucho mayor que el de gas avión y su almacenamiento se realizará en tanques verticales, mientras que el de gas avión en tanques horizontales de menores dimensiones, los tanques serán fabricados con techo fijo de acero al carbón.

La cantidad y volumen de almacenamiento de los tanques para ambos combustibles, se estimó por medio de índices comparativos con otros aeropuertos, y se determinó con base en las características de los vuelos que tendrá el aeropuerto, que el índice es de 1.4 m³ de turbosina por operación, por lo que considerando el número de operaciones proyectadas en la primera etapa del desarrollo aeroportuario (10 años), se requerirán 5 tanques de 300 m³ cada uno; para el caso del gas avión se estimó de forma semejante un índice de 0.15 m³ por operación, por lo que únicamente se requiere un tanque de 80 m³ para cubrir la demanda de este combustible en la primera etapa del proyecto; sin embargo y dado que el desarrollo plantea realizar operaciones de pasajeros en etapas subsecuentes, y que el número de operaciones también crecerá, por ende el consumo de este combustible también se incrementará, por lo que se consideran 4 tanques de 80 m³ para gas avión, en el entendido que estos serán instalados en función de la demanda de combustible.

A continuación se enlistan las distintas características y dimensiones de los recipientes que se emplearán para almacenar los combustibles en el Aeropuerto Metropolitano de México.

Turbosina

Tipo de recipiente de almacenamiento

Tanque Vertical (5)

Características

Tanque atmosférico con techo fijo.

Código o estándares de construcción

API 650

Dimensiones

24 pies de diámetro por 24 pies de altura (7.3152 m x 7.3152 m)

Dispositivos de seguridad instalados

Venteo con arrestador de flamas contra incendio

Hidrantes y cañones contra incendio

Inyección de AFFF superficial.

Temperatura de diseño (°C)

20 °C

Material

Acero al carbón.

Cantidad o volumen máximo de almacenamiento por recipiente

300 m³ c/u., sin embargo solamente se llenarán como medida de seguridad al 85% de su capacidad (255 m³ c/u).

Gas avión**Tipo de recipiente de almacenamiento**

Tanque horizontal (4)

Características

Tanque atmosférico con techo fijo.

Código o estándares de construcción

API 650

Dimensiones

10'-6" de diámetro por 38'-9" (3.2004 m x 11.8111 m)

Dispositivos de seguridad instalados

Venteo con arrestador de flamas contra incendio

Hidrantes y cañones contra incendio

Inyección de AFFF superficial.

Temperatura de diseño (°C)

20 °C

Material

Acero al carbón.

Cantidad o volumen máximo de almacenamiento por recipiente

80 m³ c/u., sin embargo solamente se llenarán como medida de seguridad al 85% de su capacidad (68 m³ c/u).

Localización dentro del arreglo general de la planta.

Ver capítulo VIII, anexo No. VIII.1.1

V.5 Equipos de proceso y auxiliares

En el siguiente cuadro (Cuadro V.1) se especifican los equipos de proceso auxiliares que se emplearán en la operación de almacenamiento y distribución de los combustibles, y sus características:

Cuadro V.1 Especificaciones de equipos de proceso

EQUIPO	NOMEN-CLATURA	CAPACIDAD CARACTERISTICAS	ESPECIFICACIONES	VIDA ÚTIL SEGÚN FABRICANTE	TIEMPO ESTIMADO DE USO
Bomba centrífuga Sello hidráulico	S/N	Bomba de 75 hp. Temp max 42°C Temp Amb 30°C Diseño B 3 fases Ciclo 50 – 60 Volts 220 – 440 Rpm 3560	Carcasa de acero al carbón	20 años	20 años
Filtro de limpieza	S/N	Max W.P. 150 Psi AT 250oF Temp max 250°F AT 150Psi	NAT LBD Serie 5338 HP 3/8 D.R. 30	20 años	20 años

La localización de los equipos de proceso arriba señalados, será dentro del área de almacenamiento de combustibles (Ver capítulo VIII, anexo No. VIII.1.1).

V.6 Condiciones de operación

En el área de almacenamiento y suministro de combustible no se realiza proceso alguno, ya que la operación de ésta puede resumirse en recepción, almacenaje y suministro a aeronaves, dentro de la cual no existe reacción química.

Tomando como base los datos que se consideran en el estudio; en la región se tiene una temperatura promedio anual de 15°C, permitiendo con ello un manejo adecuado de los combustibles en este rango de temperatura, además de que la presión de descarga será insignificante, debido a que se dará por gravedad.

El estado físico de las sustancias en el proceso de operación es líquido para poder realizar el suministro, sin la necesidad de aplicar calentamiento o enfriamiento.

A continuación se describen las operaciones básicas para el buen funcionamiento de la planta de almacenamiento y suministro de combustibles:

RECEPCIÓN DE LOS VEHÍCULOS DE TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE

(El combustible proviene de las refinerías o terminales terrestres de PEMEX, transportado por carretera en vehículos especiales con capacidad de 30,000 litros de agua).

DESCARGA DE TRANSPORTES Y ALMACENAMIENTO DEL COMBUSTIBLE

(En la recepción del combustible se utiliza una bomba. Posteriormente dicho combustible se almacena en los tanques, cinco de turbosina de 300,000 lts. de capacidad y cuatro de gasavión, de 80,000 lts de capacidad)

TRASIEGO A TOMA DE AERONAVES

(El suministro del tanque de almacenamiento a los carros tanque se hará por medio de una bomba para cada combustible).

Los tanques de almacenamiento de combustible, serán de acero al carbón, fabricados bajo normas API 650 10TH, (última edición), utilizando un sistema propio para la fabricación denominado Going-Up.

Todos los tanques se construyen conforme a las normas UNE-62350/1, UNE-62350/2, UNE-62351/1 y UNE-62351/2, y en su momento serán solicitados con sus correspondientes Certificados de Fabricación.

Por otro lado y con fines de estimar el consumo de combustibles a futuro en el aeropuerto y determinar la cantidad de depósitos para almacenar dichos combustibles, se realizó un análisis comparativo de índices de consumo con otros aeropuertos de la República Mexicana.

En primer lugar es necesario dividir el consumo de turbosina para los aviones de reacción (aviación comercial), cuyo consumo es grande, con respecto gas avión (aviación general), que tiene un consumo mucho menor que la turbosina.

A continuación se muestra (cuadro V.2) mediante la cual se dedujeron los índices de consumo para los dos combustibles en análisis.

Cuadro V.2. Determinación de índices de consumo de combustible.

AEROP.	ANOS	OP.COM. AA	OP. COM. A	AA/A(%)	OPS. AV.	OP.TOTALES	TUR.	GASA	Ind.Turbosina	Ind.Gasavión.
Morelia	1995	11174				11174	13424	299	1.20	
	1996	11220				11220	13521	241	1.21	
	1997	10,697			1995	10,697	17467	254	1.63	
Pto. Vallarta	1995	22134	5577	25.20	4179	27711	88195	315	3.18	0.158
	1996	24084	6278	26.07	4321	30362	91795	376	3.02	0.090
Guadalajara	1994	84048	18734	22.29	20788	102782	269596	2409	2.62	0.558
	1995	80611	14880	18.46	14663	95491	226941	1964	2.38	0.094
SJD	1993	9051	1313	14.51	3080	10364	34878	179	3.37	0.012
	1994	9626	1376	14.29	3428	11002	38299	133	3.48	0.043
	1995	10955	1335	12.19	3591	12290	45856	178	3.73	0.052
Tijuana	1994	39825	1917	4.81	5692	41742	192341	1759	4.61	0.490
	1995	34770	1835	5.28	4627	36605	155398	1806	4.25	0.317
	1996	34798	1500	4.31	4790	36298	164231	1221	4.52	0.264

Con base en los datos estadísticos de distintos aeropuertos de México, se estimó el índice para el Aeropuerto Metropolitano de México, en primer lugar para aeropuertos de carácter regional y nacional como el caso de Morelia el índice de consumo de turbosina por operación esta en el rango de 1.2 a 1.6, en cambio para aeropuertos que tienen viajes internacionales y que son aeropuertos origen-destino, el consumo de turbosina por operación se incrementa drásticamente al orden de 4.5 como es el caso de Tijuana, Puerto Vallarta e incluso otros como Cancún. Por otro lado el índice de gas avión no tiene una variación significativa entre los distintos tipos de aeropuertos, estando en promedio dentro del intervalo de 0.10 y 0.20.

Derivado de lo anterior, y en función de que el Aeropuerto Metropolitano de México, será del tipo de carga en su primer etapa, y que además considera vuelos internacionales, pero no de la misma intensidad que un aeropuerto de ciudades turísticas como Cancún y Puerto Vallarta, se estableció que el índice de m^3 por operación más adecuado para el consumo de turbosina es de 1.4, es decir superior al de un aeropuerto regional con alcance a nivel nacional, pero menor a uno del tipo origen-destino; por otro lado con respecto al índice de gas avión, se consideró un valor intermedio de 0.15.

Posteriormente con el índice estimado tanto para la turbosina como gas avión, se procedió a calcular a 10 años (primera etapa), el volumen que se consumirá (cuadro V.3), el periodo de cálculo es de un mes, ya que se plantea que solamente una vez por mes sean llenados los depósitos de almacenamiento de combustibles.

Cuadro V.3. Análisis de demanda de combustibles

AÑO	No. OPERACIONES POR DÍA		No. OPERACIONES ANUALES		CONSUMO ANUAL M3		INDICES	
	AV. COMERCIAL	AV. GENERAL	AV. COMERCIAL	AV. GENERAL	TURBOSINA	GASAVIÓN	AV. COMERCIAL M ³ /OP	AV. GENERAL M ³ /OP
2005	14	10	5110	650	7154	97.5	1.4	0.15
2006	16	10	5840	650	8176	97.5	1.4	0.15
2007	18	11	6570	715	9198	107.25	1.4	0.15
2008	20	11	7300	715	10220	107.25	1.4	0.15
2009	21	12	7665	780	10731	117	1.4	0.15
2010	22	14	8030	910	11242	136.5	1.4	0.15
2011	23	15	8395	975	11753	146.25	1.4	0.15
2012	24	16	8760	1040	12264	156	1.4	0.15
2013	26	17	9490	1105	13286	165.75	1.4	0.15
2014	27	18	9855	1170	13797	175.5	1.4	0.15

Derivado del calculo anterior, se estima una demanda mensual de turbosina para el final de la primera etapa (2014) de 1149.75 m³, por lo cual se deberán instalar 5 tanques de 300 m³ cada uno, permitiendo un volumen máximo de almacenamiento de 1,2750 m³, dado que se estima en promedio un almacenamiento máximo de los tanques de un 85%, se tendrá una reserva de 125.25 m³. En cuanto al gas avión se requerirán 14.625 m³ mensuales para la primer etapa, sin embargo en las etapas subsecuentes del proyecto, se prevé el incremento de operaciones aéreas, por lo que el consumo de gas avión aumentará, de tal forma que se consideran 4 tanques de 80 m³.

Finalmente, es importante hacer mención que debido a que el abastecimiento a las aeronaves será por medio de auto tanques, y no se contará en la primer etapa del proyecto con sistema de distribución de combustible a través de tuberías, no es necesario diagrama de tuberías.

VI. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

VI.1 Antecedentes de accidentes e incidentes

En el Estado de Hidalgo no se tienen antecedentes de algún accidente o incidente, atribuible al manejo de combustibles para aeronaves, por un lado considerando que las operaciones aéreas son mínimas, además de que éstas se realizan observando las medidas de seguridad y control, tanto preventivas como correctivas para el manejo de este tipo de combustibles.

A nivel nacional e internacional se tienen registrados incidentes de diferentes magnitudes, sin embargo los de mayores consecuencias son las catástrofes que se presentan al aterrizar o despegar las aeronaves.

Es de relevancia señalar el derrame de combustible que contaminó el suelo, y que provocó una situación de grave peligro en el Aeropuerto Internacional de Ezeiza, Argentina, en la que se afectó una superficie de aproximadamente 105 mil metros cuadrados (10 hectáreas). Contaminados por una laguna subterránea de combustible, generada por una fuga de los tanques de almacenamiento.

A nivel nacional se registra un derrame de turbosina, en Navojoa, Sonora, sin mayores consecuencias.

VI.2 Metodologías de identificación y jerarquización

VI.2.1 Determinación y evaluación de riesgos

Considerando que el proyecto ejecutivo y las ingenierías básicas y de detalle aún no se han desarrollado, se decidió realizar la identificación, jerarquización, análisis y simulación de riesgos, de acuerdo a la tabla siguiente. En ella se integran las consideraciones principales para la determinación de las zonas de riesgos y de amortiguamiento derivadas de los eventos que se pudieran llegar a presentar por el manejo de combustibles.

Tabla VI.I. Acciones para la identificación, jerarquización, análisis y cuantificación de riesgos.

ACCIÓN	OBJETIVO	METODOLOGÍA
Listar los insumos químicos utilizados en la instalación	Identificar las actividades altamente riesgosas	Comparar las cantidades existentes de los insumos químicos utilizados en el aeropuerto con las reportadas en los listados de actividades altamente riesgosas (AAR) ¹
Identificación	Identificación de las áreas de riesgo	Check list
Análisis	Identificar las condiciones de los escenarios de riesgo	Hazop

ACCIÓN	OBJETIVO	METODOLOGÍA
Jerarquización	Ordenar de acuerdo a la gravedad los eventos hipotéticos detectados, a fin de realizar las simulaciones	Matriz de Jerarquización
Simulación	Determinar las zonas de riesgo y amortiguamiento, a fin de tener los radios de afectación, máximos probables y máximos catastróficos.	SCRI Ver 3.1

A continuación se desarrolló a detalle lo establecido en la tabla VI.I

Identificación de Actividades Altamente Riesgosas

Para esta etapa contemplada dentro de la metodología y con el fin de cumplir con el artículo 147 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, a continuación, en la tabla VI.2, se incluyen los insumos químicos, así como los datos específicos de los mismos requerimientos para la operación del Aeropuerto Metropolitano de México.

Tabla VI.2. Insumos químicos requeridos para la operación del Aeropuerto Metropolitano de México.

N.Comercial	N. Técnico	CAS	Estado Físico	T. de Envase	P. en que se emplea
Jet Fuel	Turbosina	No Disponible	Líquido	Tanque	Operación
C. Grado Aviación	Gas Avión	308082-09-9	Líquido	Tanque	Operación

Tabla VI.2. (continua) Insumos químicos requeridos para la operación del Aeropuerto Metropolitano de México.

N. Comercial	Volumen	Cant. de reporte	Características						IDLH	TLV	U. Final
			C	R	E	T	I	B			
Jet Fuel	1500 m ³ (12,579.62 barriles)	10,000 Barriles		X		X	X			200	Aviones
C. Grado Aviación	32 m ³ (2683.6525 barriles)	10,000 Barriles		X		X	X			No Disponible	Aviones

Tomando en cuenta que las cantidades de los insumos químicos son las estimadas, debiéndose actualizar cuando el Aeropuerto entre en operación, y que para la turbosina si se sobrepasará la cantidad de reporte considerada en los listados de actividades altamente riesgosas de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, no así para el gas avión; se hará el análisis para ambos combustibles, ya que debido a sus propiedades físicas, estos son los principales insumos químicos que pudieran originar un evento con posible afectación al ambiente.

Se anexan las hojas de seguridad de estas dos sustancias (Anexo VIII.1.2. d).

Identificación de las áreas de riesgo.

A continuación se empleará la metodología lista de revisión (check list) para identificar los riesgos, la cual se basa en hacer una serie de preguntas enfocadas a las áreas de diseño, mantenimiento, inspecciones periódicas, medidas de seguridad y capacitación. Es importante aclarar que la aplicación de la metodología, se hace tomando en cuenta las condiciones que se conocen hasta el momento, debiéndose verificar estas una vez que el proyecto entre en operación.

Se incluyen dos listas de revisión denominadas:

Lista de revisión para los sistemas que involucran los combustibles (Turbosina y Gasavión), debido a que las características referentes a la construcción y operación son similares, resultando tener los mismos componentes o nodos principales (**tanques de almacenamiento y diques de contención**).

LISTA DE REVISIÓN PARA LOS SISTEMAS QUE INVOLUCRAN LOS COMBUSTIBLES (TURBOSINA Y GASAVIÓN).

Zonas:

Tanques de almacenamiento.

Dique de contención.

Tanques de almacenamiento

¿La construcción del tanque de almacenamiento cumplirá con las especificaciones de diseño?

Si

¿El tanque será una estructura única o resistirá empalmes?

Resistirá empalmes

¿Esta costura de soldadura podrá abrirse por alguna razón, como podría ser la presión sumada a la baja resistencia del material?

No

¿Qué medidas de seguridad se tendrán implementadas para evitar que esta acción se suscite?

Llenado de los tanques al 85% de su capacidad y aplicación de pinturas anticorrosivos

¿Qué medidas de seguridad se tendrán contempladas en caso de presentarse una fuga en el tanque?

Que la instalación cuente con diques de contención

¿Podrá existir alguna fuente de ignición externa al tanque?

No. Aunque no se descarta una condición extraordinaria

¿Podrá existir algún riesgo de incendio con el fluido dentro del tanque?

Si

¿Qué medidas de seguridad se tendrán para evitar que por elevación del nivel de almacenamiento, ocurra un desbordamiento del contenido del tanque?

Control de inventario de energéticos (nivel de tanque y consumo)

¿Cómo se asegurará que el desarrollo del trabajo del personal responsable de vigilar las medidas preventivo correctivas sea el adecuado?

Mediante la capacitación y la supervisión

¿Qué medidas de seguridad se tendrán para evitar fallas en los reguladores de nivel?

Que sean automatizados a fin de tener un mejor control de inventarios

Dique de contención.

¿La capacidad de contención del dique será igual a la capacidad máxima de almacenamiento de tanque?

No, se tiene contemplado que sea de mayor capacidad.

¿El piso del dique de contención será permeable?

No, será de concreto.

¿Los accesos y salidas del dique, serán suficientes y adecuados en el caso de una emergencia?

Si.

¿En la periferia del dique, existirá la posibilidad de algún agente externo que pueda ocasionar un punto de inflamación?

No, aunque no se descarta la posibilidad de un hecho extraordinario

¿Qué medidas de seguridad tendrá el dique para su auxilio en caso de un incendio?

Agua contra incendio, y apoyo del personal del Cuerpo de Rescate y Extinción de Incendios (CREI).

¿Las medidas de seguridad con respecto a la protección del entorno ambiental será suficiente?

Si, se considera que de acuerdo a las colindancias del Aeropuerto, las medidas de seguridad para el manejo de insumos químicos, contempladas en la ingeniería básica, son suficientes ya que no existen industrias que pudieran concatenar los accidentes de origen químico que pudieran originarse en el Aeropuerto.

¿Estas medidas de seguridad serán probadas con la debida frecuencia para asegurar su correcto funcionamiento?

Si

¿Existirá un programa de mantenimiento periódico al dique?

Si.

Análisis de riesgo

El análisis de riesgo es la revisión de todas las causas reales que establezcan la posibilidad para que se presente un accidente. Su principal objetivo es la identificación de las circunstancias (escenarios) que provocan que el accidente se presente.

Para el análisis de riesgos, se utilizó la metodología Hazard and Operability (Hazop), la cual consiste en hacer una revisión de los sistemas considerados en la metodología Check list; Este análisis se hace en reuniones en las que un equipo multidisciplinario realiza la llamada tormenta de ideas, con un método establecido, sobre el diseño del equipo evaluado.

El líder del equipo realiza inicialmente una identificación de nodos. De cada uno de estos, se estudian las desviaciones en los parámetros de proceso, utilizando las palabras guía², con esto se asegura que el diseño se explore en todas las vías concebibles. El equipo por tanto debe de identificar las desviaciones³ y sus causas además de las consecuencias para saber que acciones tomar como medida correctiva.

Lo anterior se tabula, existiendo dos columnas marcadas con las letras C y G, las cuales se refieren a la Gravedad y a la Calidad del evento analizado, con el fin de utilizar estos valores para la jerarquización de riesgos.

Criterios para la asignación de valores de la columna G (Gravedad).

Gravedad 1. Consecuencias significantes. Efectos no cuantificables que pueden ocurrir como resultado de un evento en esta categoría, pero el evento puede ser una violación a ciertos criterios.

Gravedad 2. Consecuencias marginales. Daños menores que pueden ocurrir como resultado de un evento en esta categoría.

Gravedad 3. Consecuencias críticas. Daños humanos severos que pueden ocurrir como resultado de un evento en esta categoría.

Gravedad 4. Consecuencia catastrófica. Una o múltiples muertes humanas que pueden ocurrir como resultado de un evento en esta categoría.

Criterios para la Calificación (C) de un evento, basados en la probabilidad de ocurrencia:

Calificación 1 muy poco probable que ocurra

Calificación 2 poco probable que ocurra

Calificación 3 probablemente ocurrirá en un tiempo determinado

Calificación 4 probablemente ocurrirá en poco tiempo

Calificación 5 propenso a ocurrir inmediatamente, o a muy corto plazo

A continuación se incluyen las tablas Hazop, para el uso de los combustibles turbosina y gasavión. (Tabla VI.3)

Cabe aclarar que este análisis se realizó tomando en cuenta las condiciones más desfavorables de las secciones consideradas para la metodología Check list.

Tabla VI.3 Análisis Hazop

PARAMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIONES	CAUSA	CONSECUENCIA(G)	C	ACCIÓN REQUERIDA
Sustancia	Menor	Menor volumen al requerido en la operación	Fuga en algún punto del tanque	Mayor atmósfera explosiva en el interior del tanque (explosión)	4	Control de inventario
	Más	Mayor volumen al requerido para la operación	Deficiencias en el trasiego de combustible	Fuga del material produciendo posible incendio y formación de nube explosiva	5	Capacitación del personal que realiza las labores de trasiego
Corrosión	Más	Mayor corrosión a la permitida en el diseño	Falta de mantenimiento	Fuga con posibilidad de incendio y formación de nube explosiva	5	Mantenimiento periódico

De lo anterior podemos establecer que el mayor riesgo ambiental que puede identificarse con base al manejo de los combustibles (Turbosina y Gasavión), según la aplicación del modelo Hazop, se encuentra ubicado en los tanques de almacenamiento, pudiéndose originar una nube explosiva e incendio en el área de almacenamiento.

Jerarquización de Riesgos.

La jerarquización de riesgos consiste en ponderar aquellos accidentes que tengan efectos más probables y consecuencias más graves; su objetivo es determinar los accidentes por el manejo de insumos químicos, que no presenten las condiciones reales para ocurrir en la operación. Con ello se acotarán los escenarios más factibles que servirán para establecer las condiciones del evento que se simulará.

Para la jerarquización de los riesgos se emplea la metodología matriz de jerarquización, la cual propone la asignación de valores de probabilidad y de gravedad, teniendo como base los riesgos identificados y analizados así como la estimación somera de la afectación que produciría un determinado evento al entorno del Aeropuerto Metropolitano de México.

Estas categorías son las incluidas en las columnas **C (calificación)** y **G (gravedad)** del análisis Hazop utilizado, siendo el criterio el mismo.

Los valores (C) y (G) se deben de tabular en una matriz con las siguientes estructuras:



Concluyéndose cual es el más grave y cual el de mayor probabilidad para ser simulado.

Como resultado de la matriz de jerarquización se identifican los más graves con mayor probabilidad de ocurrir dichos eventos serán cuantificados mediante el software SCRI Ver. 3.1

A continuación se presenta la tabla de matriz de jerarquización con los eventos que se consideraron como probables.

I. D E L A P R O B A B I L I D A D	5					Incendio en área de almacenamiento de combustibles y explosión por la formación de nube explosiva en el área de combustibles
	4					Explosión del combustible debido a una falla en el sistema de control de inventarios
	3					
	2					
	1					
		1	2	3	4	5

INCREMENTO DE LA GRAVEDAD →

VI.3 Radios potenciales de afectación

Como resultado de la matriz de jerarquización, se identificó el riesgo más grave y/o con mayor probabilidad de ocurrencia, siendo este el derrame volatilización y explosión, dicho evento será simulado en el software Simulación de Contaminación y Riesgos en Industrias (SCRI) Ver. 3.1, el objetivo es evaluar las consecuencias producidas por eventos originados por los insumos químicos manejados en el Aeropuerto Metropolitano de México.

El paquete presenta las siguientes alternativas para la cuantificación de los riesgos:

- Emisiones puntuales o de Áreas
- Fugas o derrames
- Emisiones Masivas e Instantáneas (PUFF).
- Nubes Explosivas

En el modelo para daños por nubes explosivas, estima un equivalente en masa de TNT de la sustancia considerada y simula la generación de ondas debidas a la explosión de una nube formada con la sustancia en cuestión.

Es necesario mencionar que este paquete debe considerarse primariamente como herramienta de cribado, para el análisis de posibles situaciones de dispersión de un contaminante o sustancia tóxica, y no como un medio a través del cual se pueden simular o representar condiciones específicas de un emisor y su entorno.

El modelo de evaluación de daños provocados por la explosión de una nube de gas o vapor inflamable involucra el cálculo para determinar un potencial explosivo aproximado de sustancias empleadas en la industria.

Existen una serie de suposiciones inherentes al modelo que permiten efectuar las estimaciones y predicciones de daños provocados por la explosión de la nube, destacando las siguientes:

- La fuga de material es instantánea, excluyéndose escapes paulatinos, a menos que se trate de fugas en tuberías de gran capacidad.
- El material fugado se evapora en forma instantánea formándose inmediatamente la nube; la vaporización y forma de la nube se efectúa de acuerdo con las propiedades termodinámicas del gas o líquido antes de producirse la fuga.
- Se asume una nube de forma cilíndrica cuya altura corresponde a su eje vertical.
- Se supone que la nube cilíndrica no es distorsionada por el viento ni por estructuras o edificios cercanos.
- La composición de la nube es uniforme y su concentración a la media aritmética de los límites superiores de expresividad del material.
- El calor de combustión del material se transforma en un equivalente en peso de Trinitrotolueno (TNT) (Calor de combustión de TNT=1830 Btu/lb).
- La temperatura del aire ambiente se considera constante e igual a 21.2°C (70°C).
- Se considera que una nube originada en el interior de un edificio, formará una nube de las mismas dimensiones que una originada en el exterior del mismo.

Para determinar la magnitud y la fuga de material explosivo en una planta, se pueden considerar dos criterios o tipos de daños probables: a) el Daño Máximo Probable (DMP)) y b) el Daño Máximo Catastrófico (DMC).

La magnitud de las fugas bajo un escenario de DMP se estima considerando:

- El tamaño de la fuga estará determinada por el contenido del mayor recipiente de proceso o conjunto de recipientes del proceso conectados entre sí, sin estar aislados uno del otro por válvulas automáticas o a control remoto, si existen estas válvulas se considera el contenido del mayor recipiente.
- No se considera como limitante de la forma de una nube, la existencia de fuentes de ignición en las cercanías de una posible fuga.

Bajo un escenario de DMC, la magnitud de la fuga se estima considerando:

- El tamaño de la fuga estará determinado por el contenido del mayor recipiente del proceso o conjunto de recipientes del proceso conectados entre si. No se tendrá en cuenta la existencia de válvulas automáticas.
- Se considera la destrucción o daños graves de tanques de almacenamientos mayores, como formadores de nubes explosivas catastróficas.

- Se consideran las fugas en tuberías de gran capacidad que sean alimentadas desde instalaciones remotas, exteriores o interiores, asumiendo que la tubería será dañada seriamente y que la duración de la fuga es de media hora.
- No se considera como limitante de la formación de una nube, la existencia de fuentes cercanas de ignición.
- Se incluirán los gases y líquidos empleados como combustible.

Una vez que se produce la explosión, se generan una serie de ondas expansivas circulares, de tal forma que las ondas de mayor presión están situadas formando una circunferencia cercana al centro de la nube y las de menor presión se sitúan en circunferencias de diámetros mayores. El objeto del modelo es entonces determinar la magnitud de los diámetros asociados a la sobrepresión de las ondas y de los daños producidos en instalaciones.

Las ondas expansivas (o sobre presión) consideradas se expresan en unidades de presión y van desde 0.5 psi hasta 30 psi. Como se comento, las de mayor presión se encuentran en circunferencias cercanas al centro de la nube explosiva, mientras que las de presiones más bajas se sitúan en circunferencias alejadas.

A fin de determinar los daños ocasionados por la nube explosiva se emplea la información de la tabal VI.4, la cual muestra los efectos de diversos valores de sobrepresión sobre instalaciones y equipos en refinerías y plantas químicas. A estos daños se deben adicionar posibles incendios y explosiones subsecuentes.

Tabla VI.4 Daños esperados por sobrepresión

Sobrepresión(psi)	Daños esperados
0.03	Rompimiento ocasional de grandes ventanas ya algo dañadas.
0.04	Un ruido alto (143 dB); estruendo sónico de fallas en vidrios.
0.10	Roturas de ventanas pequeñas bajo tensión.
0.15	Presión típica de fallas en vidrio.
0.30	Algunos daños para techos caseros; 10% de vidrios de ventanas rotos.
0.40	Daño estructural menor.
0.5-1.0	Ventanas generalmente destrozadas; algunos marcos de ventanas dañados.
0.7	Daños menores para estructuras en casas.
1.0	Demolición parcial de casas; convertidas en inhabitables.
1.0-2.0	Paneles de metales acanalados desfasados y doblados.
1.0-8.0	Rango de daños ligeros a serios por heridas en la piel causadas por vidrios volando y otros misiles..
1.3	Estructuras de acero de construcciones ligeramente distorsionadas.

Sobrepresión(psi)	Daños esperados
2.0	Desplome parcial de paredes y techos de casas.
2.0-3.0	Paredes de block recocido o paredes de concreto no reforzado destrozadas.
2.3	Límite inferior de daño estructural grave.
2.4-12.2	Rango de 1-90% de ruptura de tímpano entre la población expuesta.
2.5	50% de destrucción de casas de ladrillo.
3.0	Estructuras de acero de construcciones distorsionadas y extraídas de sus cimientos.
3.0-4.0	Edificios de paneles de acero sin marco.
4.0	Cubiertas rotas de edificios industriales ligeros.
5.0	Armazón de madera destrozada.
5.0-7.0	Casi completa la destrucción de casas.
7.0	Vagones de tren cargados, volcados.
7.0-8.0	Falla de ladrillos no reforzados de 8-12 pulgadas de espesor por corte de jaulas.
9.0	Vagones cargados de tren con carga demolidos.
10.0	Probable destrucción total de los edificios.
15.5-29	Rango de 1-99% de fatalidad entre la población expuesta debido a los efectos de choque directo.

Los datos que se utilizaron en las simulaciones para el combustible Turbosina y Gasavión, corresponden a los reportados en las hojas de seguridad anexas a este estudio. Sin embargo, para Gasavión, no se reportan algunos datos por lo que se consideraron los valores correspondientes a el componente con mayor proporción, siendo este la Gasolina.

Los datos utilizados se reportan a continuación:

Turbosina:

Propiedad	Valor	Fuente
Temperatura de ebullición	214 °C	H. de seguridad
Calor Específico	0.528 Cal/gr-°C	Calculado
Calor de vaporización	178.729 Cal/gr	Calculado
Calor de combustión	42.8 MJ/kg	NOM-086-SEMARNAT-1994
Densidad relativa a 15°C	0.81 g/ml	H. de seguridad
Peso molecular	167.68 kg/kmol	H. de seguridad
Límites de explosividad	Inf.	0.6
	Sup.	3.7

Gasavión:

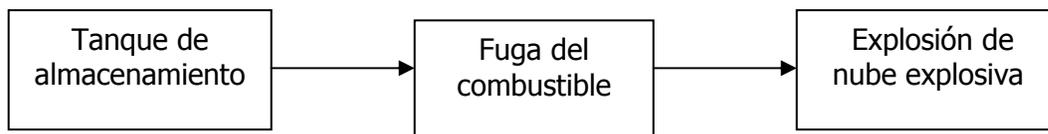
Propiedad	Valor	Fuente
Temperatura de ebullición	122.5 °C	Hojas de seguridad
Calor Específico	0.590 Cal/gr-°C	Calculado (gasolina)
Calor de vaporización	159.580 Cal/gr	Calculado (gasolina)
Calor de combustión	48.257 KJ/kg(20591.3btu /lb)	H. de seguridad (gasolina)
Densidad relativa a 15°C	0.690 g/ml	H. de seguridad
Peso molecular	114 kg/kmol	H. de seguridad
Límite de explosividad	Inf. 1.2	H. de seguridad
	Sup. 7.0	H. de seguridad

A continuación se incluyen los eventos simulados: Para lo cual se esta contemplando el escenario A) con un evento en el que se involucre en el incidente un solo tanque, mientras que para el escenario B), se define el incidente en serie con los cinco tanques de 300,000 litros de capacidad. Para el caso D) y el E), se están considerando que para el primero se de el incidente con un solo tanque de 80,000 litros de gasavión y el segundo un incidente en cadena afectando a los cuatro tanques de 80,000 litros de capacidad.

Escenario A

Fuga de combustible (Turbosina), con riesgo de incendio y formación de nube explosiva
Instalación involucrada: Tanques de almacenamiento con capacidad de 300,000 litros.

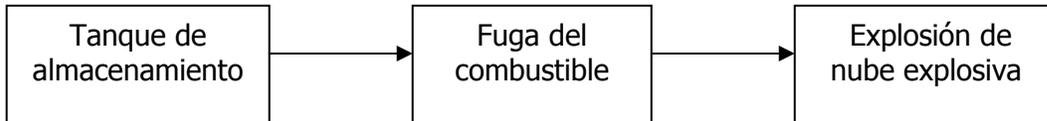
Secuencia de evento simulado:



Escenario B

Fuga de combustible (Turbosina), con riesgo de incendio y formación de nube explosiva.
Instalación involucrada: Tanques de almacenamiento con capacidad de 1,500,000 litros.

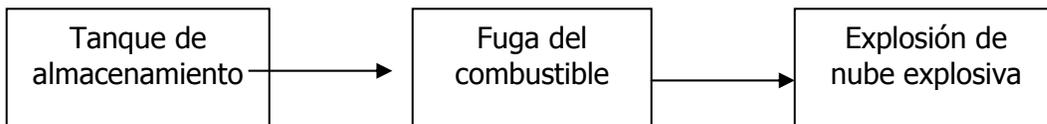
Secuencia de evento simulado:



Escenario C

Fuga de combustible (Gasavión), con riesgo de incendio y formación de nube explosiva
Instalación involucrada: Tanques de almacenamiento con capacidad de 80,000 litros.

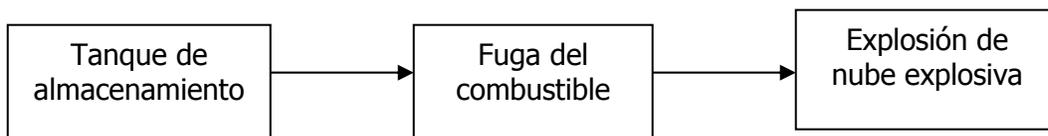
Secuencia de evento simulado:



Escenario D

Fuga de combustible (Gasavión), con riesgo de incendio y formación de nube explosiva
Instalación involucrada: Tanques de almacenamiento con capacidad de 320,000 litros.

Secuencia de evento simulado:

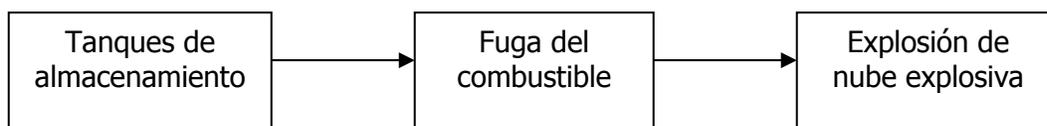


Escenario E

Fuga de combustible (Turbosina+Gasavión), con riesgo de incendio y formación de nube explosiva.

Instalación involucrada: Tanques de almacenamiento de capacidad de 1,500,000 litros de turbosina más 320,000 litros de gasavión dando un total de 1,820,000 litros; para lo cual se consideran las características del combustible de mayor volumen.

Secuencia de evento simulado:



Las simulaciones resultantes se reportan en el anexo:

En la tabla VI.5 se relaciona las zonas de riesgo en base al Daño Máximo Catastrófico y el Daño Máximo Probable, cuando se presente el máximo evento probable, que es el incendio y explosión de todo el volumen considerado para turbosina (1,500,000 litros) y gasavión (320,000 litros).

Tabla VI.5 Zonas de riesgo por nube explosiva.

Combustible	Evento	Radio de Afectación(DMP)	Radio de Afectación (DMC)
Turbosina Escenario A	Incendio Explosión	y 8.94 m(30 psi)-111.55 m(0.5 psi)	15.29 m(30 psi)-190.75m(0.5 psi)
Turbosina Escenario B	Incendio Explosión	y 15.29 m(30 psi)-190.75 m(0.5 psi)	26.15 m(30 psi)-326.18 m(0.5 psi)
Gasavión Escenario C	Incendio Explosión	y 2.73 m(30 psi)-34.15 m (0.5 psi)	4.68 m(30 psi)-58.39 m(0.5 psi)
Gasavión Escenario D	Incendio Explosión	y 4.35 m(30 psi)-54.31 m(0.5 psi)	7.44 m(30 psi)-92.87 m(0.5 psi)
Gasavión + Turbosina Escenario E	Incendio Explosión	y 16.31 m(30 psi)-203.45 m(0.5 psi)	27.89 m(30 psi)-347.89 m(0.5 psi)

DMP: Daño Máximo Probable.

DMC: Daño Máximo Catastrófico.

psi: Sobrepresión (libras por pulgada cuadrada).

Como se puede observar, con respecto al Daño Máximo Catastrófico se tiene un radio de amortiguamiento igual a 347.89 m existiendo una sobrepresión de 0.5 psi, correspondiendo al escenario E), en el que se presenta el evento de explosión involucrando el volumen total de combustible, tanto de turbosina como de gasavión.

El segundo escenario que se observa es el B), en el cual se involucra la explosión del volumen total de combustible turbosina, siendo este de 1,500,000 litros, presentándose un radio de amortiguamiento de 326.18 metros distancia a la que se presenta una sobre presión de 0.5 psi.

Los eventos señalados anteriormente son los de máximo alcance, sin embargo se tiene contemplada una superficie de 22.5 hectáreas para la zona de tanques de almacenamiento de combustibles, lo que indica que los daños que se pudiesen generar, no afectarían mas allá del espacio considerado para la planta de almacenamiento de combustibles.

Como ya se ha mencionado, el segundo evento identificado como riesgoso es el de un incendio que consuma el 100% del combustible contenido en los tanques de almacenamiento, para lo cual se realizará el cálculo de los primeros cuatro eventos (A, B, C, D), descritos renglones arriba, en cuanto al evento E, que considera el incendio tanto de los 5 tanques de turbosina como de los 4 tanques de gas avión, ya que de acuerdo al modelo matematico que se empleará no es posible evaluar dicha condición, debido a las distintas características que tienen ambos combustibles.

Al final del presente capítulo se anexan esquemas del área de tanques de almacenamiento, indicando el radio de afectación más grave, así como el radio del área de seguridad del evento con una situación más severa (E).

A continuación se presenta el cálculo de incendio en área de combustibles:

CÁLCULO DEL EVENTO DE UN INCENDIO EN EL ÁREA DE TANQUES

Radiación =

$$q_r = (2.2 * T_a / 4 * \pi * R^2) * (r_f * H_c * m_c^{2/3})$$

Donde:

q_r = Flux (densidad del flujo) de radiación (W/m^2).

R = Distancia desde el centro de la bola de fuego.

r_f = Fracción radiante de calor de combustión (adimensional = 3).

H_c = Calor de combustión de la sustancia (J/kg)

m_c = Cantidad de material combustible (kg)

T_a = Transmisividad del aire a la radiación térmica (adimensional), donde:

$$T_a = \log(14 * HR^{-0.108} * r^{-0.13})$$

Donde:

HR = Humedad relativa del aire.

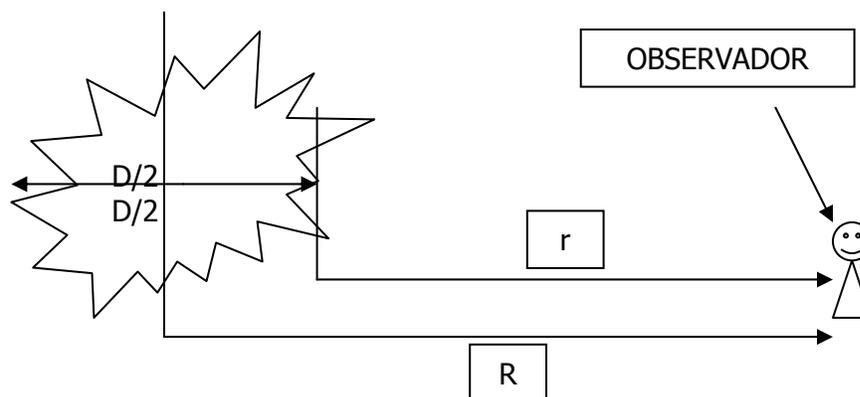
r = Distancia de la superficie del fuego al receptor

D = Diametro de la bola de fuego

R = Distancia a partir del centro de la bola de fuego hacía el receptor u observador.

$$r = R - D/2$$

$$D = 5.8 * m_c^{1/3}$$



EVENTO A: UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE TURBOSINA.

Capacidad = 300,000 m³

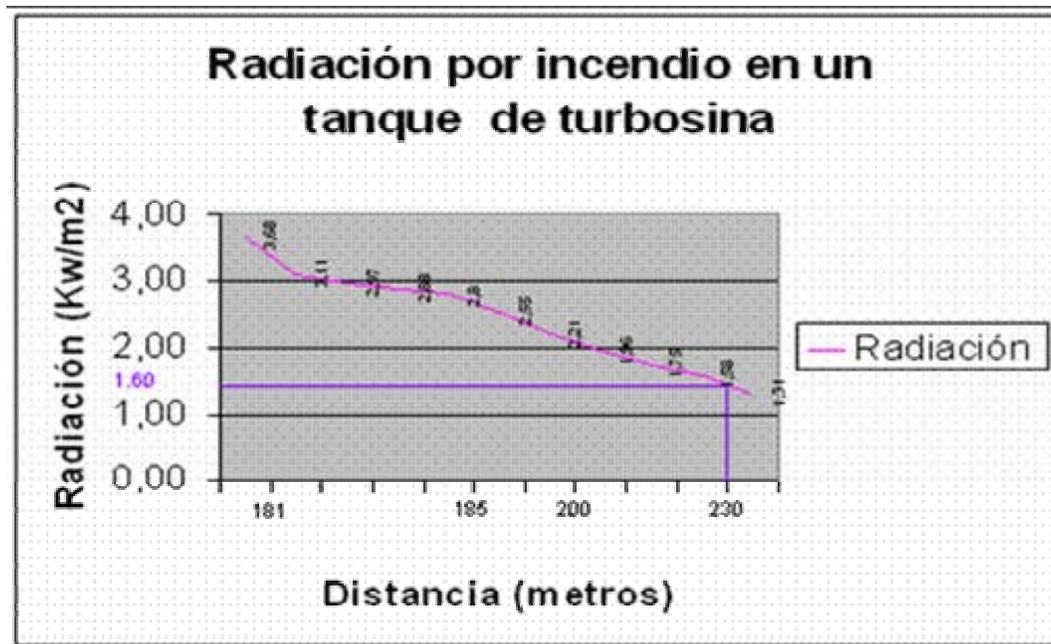
Calor de combustión = 42,943 KJ/kg.

Densidad = 0.810 Kg/l

Humedad relativa (ambiente) = 60%

Nota: Se evalúa el evento, considerando que los tanques estuvieran llenados al 100% de su capacidad, situación que en la realidad no sucederá ya que el llenado máximo será al 85% de su capacidad.

Distancia R (m)	Radiación (Kw/m ²)
181	3,68
182	3,11
183	2,97
184	2,88
185	2,81
190	2,55
200	2,21
210	1,96
220	1,75
230	1,58
250	1,31



El evento indica que a partir de una distancia de 230 metros a partir del centro de la bola de fuego, se ubica la zona de seguridad (1.6 Kw/m²).

EVENTO B: TODOS LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE TURBOSINA .

Capacidad = $300,000 \text{ m}^3 * 5 \text{ tanques} = 1,500,000 \text{ m}^3$

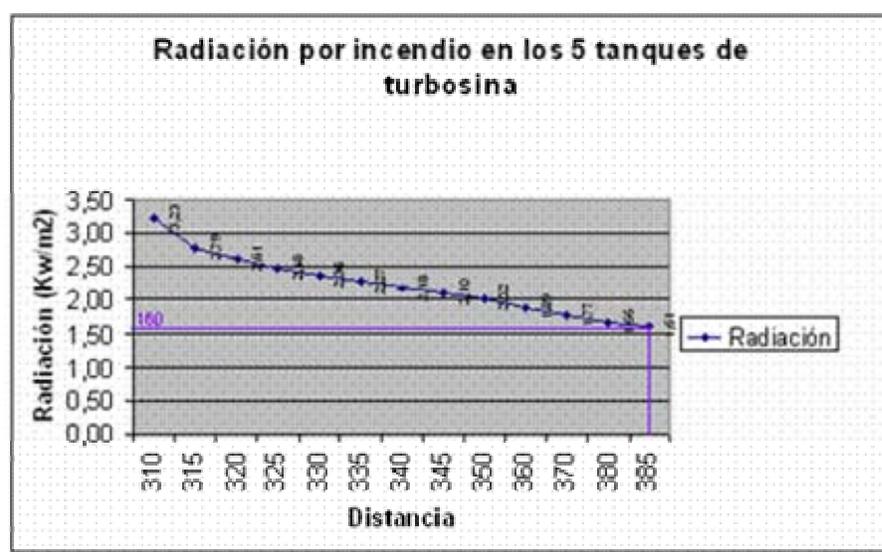
Calor de combustión = $42,943 \text{ KJ/kg}$.

Densidad = 0.810 Kg/l

Humedad relativa (ambiente) = 60%

Nota: Se evalúa el evento, considerando que los tanques estuvieran llenados al 100% de su capacidad, situación que en la realidad no sucederá ya que el llenado máximo será al 85% de su capacidad.

Distancia R (m)	Radiación (Kw/m ²)
310	3,23
315	2,79
320	2,61
325	2,48
330	2,36
335	2,27
340	2,18
345	2,10
350	2,02
360	1,89
370	1,77
380	1,66
385	1,61



El evento indica que a partir de una distancia de 385 metros a partir del centro de la bola de fuego, se ubica la zona de seguridad (1.6 Kw/m^2).

EVENTO C : UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE GAS AVIÓN.

Capacidad = 80,000 m³

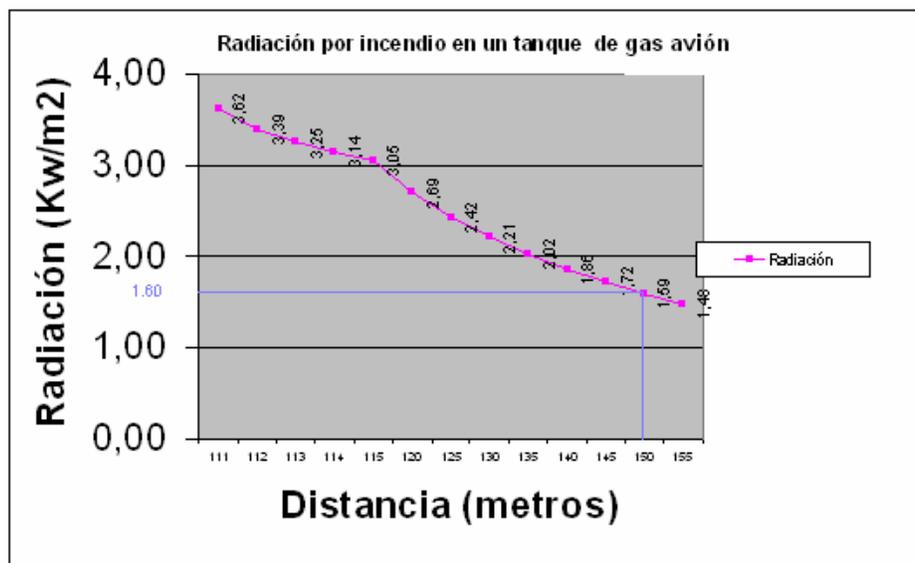
Calor de combustión = 48,689 KJ/kg.

Densidad = 0.690 Kg/l

Humedad relativa (ambiente) = 60%

Nota: Se evalúa el evento, considerando que los tanques estuvieran llenados al 100% de su capacidad, situación que en la realidad no sucederá ya que el llenado máximo será al 85% de su capacidad.

Distancia R (m)	Radiación (Kw/m ²)
111	3,62
112	3,39
113	3,25
114	3,14
115	3,05
120	2,69
125	2,42
130	2,21
135	2,02
140	1,86
145	1,72
150	1,59
155	1,48



El evento indica que a partir de una distancia de 150 metros a partir del centro de la bola de fuego, se ubica la zona de seguridad (1.6 Kw/m²).

EVENTO D: TODOS LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE GAS AVIÓN.

Capacidad = $80,000 \text{ m}^3 * 4 \text{ tanques} = 320,000 \text{ m}^3$

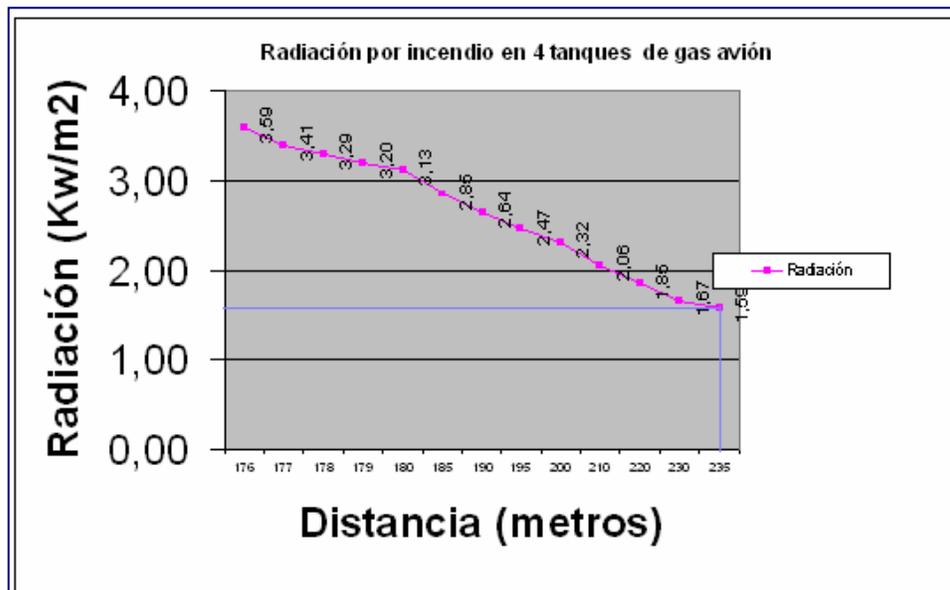
Calor de combustión = 48,689 KJ/kg.

Densidad = 0.690 Kg/l

Humedad relativa (ambiente) = 60%

Nota: Se evalúa el evento, considerando que los tanques estuvieran llenados al 100% de su capacidad, situación que en la realidad no sucederá ya que el llenado máximo será al 85% de su capacidad.

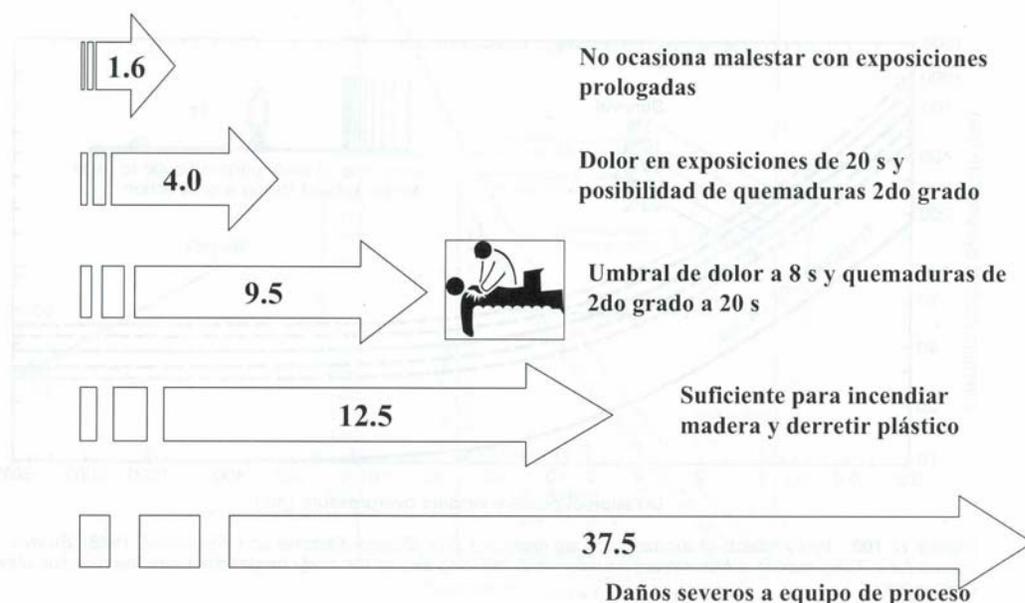
Distancia (R)	Radiación (Kw/m ²)
176	3,59
177	3,41
178	3,29
179	3,20
180	3,13
185	2,85
190	2,64
195	2,47
200	2,32
210	2,06
220	1,85
230	1,67
235	1,59



El evento indica que a partir de una distancia de 235 metros a partir del centro de la bola de fuego, se ubica la zona de seguridad (1.6 Kw/m²).

Al final del presente capítulo se anexan esquemas del área de tanques de almacenamiento, indicando el radio de afectación más grave, así como el radio del área de seguridad del evento con una situación más severa (B).

Daños por radiación (kW/m²)



VI.4 Interacciones de riesgo

El área de almacenamiento está comprendida en una superficie de 22.5 hectáreas aproximadamente, lo cual se considera que el área de amortiguamiento es suficiente para no provocar daños a infraestructura adyacente, sin embargo, dentro del área comprendida para el almacenamiento de combustible y área destinada para el Aeropuerto Metropolitano de México, se localizarán la estación eléctrica e instalaciones que usarán para su proceso gas L.P., que en un momento dado pudieran interactuar con algún incidente en el área de almacenamiento, aun que en la simulación de los radios de afectación, para los supuestos de suscitarse una explosión con la totalidad del volumen almacenado, y que los cinco tanques están al 100% de su capacidad, se presentará un radio máximo catastrófico de 324.8 metros con una sobrepresión de 0.5 psi, lo cual se considera esta dentro del área de amortiguamiento; sin embargo y para tener un mayor grado de control del evento, se propone construir muros de contención de forma perimetral a la zona de tanques de almacenamiento con una resistencia de 300 kg/cm², con lo cual se logrará controlar en parte una posible explosión de dichos tanques.

VI.5 Recomendaciones técnico-operativas

Como equipo contra incendio se contará con doce hidrantes distribuidos en las áreas de almacenamiento y recepción de turbosina y gasavión, una cisterna de agua contra incendio con capacidad de 200,000 litros y tres sistemas de espuma con capacidad de 6 m³.

Se contará con extintores de 9 Kg. Tipo ABC de polvo químico seco, distribuidos de tal manera que cubran eficientemente las distintas áreas de las instalaciones:

- En tanques de almacenamiento. (Contarán con una red contra incendios)
- En oficina.
- Cuarto de control eléctrico
- Cuarto de operaciones
- Vigilancia

La ubicación de estos extintores será visible y de fácil acceso, a una altura de 1.50 m., medida del piso a la parte más alta del extintor, de fácil sujeción y colocación para ser usados, además, contarán con registro de fecha de adquisición, inspección, revisión y prueba hidrostática en su caso.

ACCIONES A REALIZAR ANTE UNA SITUACIÓN DE FUGA O DERRAME DE COMBUSTIBLE

PASO	PERSONAL DE COMBATE	PERSONAL DE APOYO DIRECTO	PERSONAL DE APOYO SECUNDARIO
1	<i>Interrumpe inmediatamente el suministro de energía eléctrica.</i>	<i>Realiza el cierre inmediato de las líneas de producto necesarias</i>	<i>Avisa al personal administrativo (para que de aviso a las autoridades competentes).</i>
2	<i>Controla y encausa el producto de la fuga con tierra inerte hacia un lugar seguro para su recuperación.</i>	<i>Acude al lugar de la fuga con extintores y permanece presente en el lugar, alerta para combatir un posible incendio.</i>	<i>Se cerciora que no existe ninguna fuente de ignición en el área.</i>
3	<i>Toma las medidas pertinentes para la recuperación del producto.</i>	<i>Permanece en ese lugar hasta que la situación se encuentre bajo control o en su defecto hasta que el cuerpo de bomberos se haga cargo.</i>	<i>Evita la entrada de cualquier vehículo.</i>
4	<i>Los residuos productos de la fuga serán eliminados con agua perfectamente.</i>		<i>Coordina acciones de evacuación.</i>
5	<i>Hasta ese momento se declara la situación controlada.</i>		

ACCIONES A REALIZAR ANTE UN CONATO DE INCENDIO

Interrumpir inmediatamente el suministro de energía eléctrica.

Realizar el cierre inmediato de las líneas de productos necesarias.

Avisar al personal administrativo (para que de aviso a las autoridades pertinentes).

Sofocar el incendio realizando disparos cortos de polvo extintor hacia la base del fuego.

Acudir al lugar de la fuga con extintores y permanecer presente en el lugar listo a descargar polvo extintor para apoyar en el control de incendio.

Cerciorarse de que no exista ninguna fuente de ignición en el área.

Permanecer en ese lugar hasta que la situación se encuentre bajo control o en su defecto hasta que el personal de bomberos se haga cargo.

Evitar la entrada de cualquier vehículo.

Coordinar acciones de evacuación. (Una vez controlado el fuego)

Si la causa de fuego fue una fuga de producto.

Controlar y encausar el líquido producto de la fuga con tierra inerte hacia un lugar seguro para su recuperación.

Tomar medidas pertinentes para la recuperación del producto.

Los residuos productos de la fuga serán eliminados con agua perfectamente.

Hasta ese momento se declarará la situación controlada.

Si la causa del fuego fue una chispa eléctrica:

Cerciorarse que el circuito eléctrico que controla el equipo que provocó la chispa eléctrica estará fuera de operación hasta que el equipo sea reparado o preparado para evitar que se repita tal situación.

En cuanto a los tanques de almacenamiento se debe contar con los siguientes accesorios o dispositivos:

1. Accesorios para monitoreo de espacio anular de los tanques.
2. Dispositivo para evitar el sobrellenado.
3. Dispositivo para tubos de venteo.

4. Dispositivo para sistema de control de inventarios.
5. Dispositivo para purga de tanque.
- 6 Fosa de residuos aceitosos con trampa para sacar agua.

VI.5.1 Sistemas de seguridad

Dentro de la infraestructura para la seguridad, se tiene contemplado: extintores, tomas siamesas, cañones, mangueras, boquillas, camiones, cascos, pantallas, chaquetones, botas, llaves, martillos, hachas, palas, etc.

Se contará con sistemas contra incendios, los tanques de almacenamiento estarán cercados perimetralmente con una barda de material, que absorba la sobrepresión generada en el caso de suscitarse algún incidente.

Se prevé que el Aeropuerto Metropolitano de México cuente con equipo personal de emergencia, equipo de primeros auxilios, base de rescate y contra incendios, localizada dentro de las instalaciones.

VI.5.2 Medidas preventivas

- Se contará con válvulas de corte de emergencia.
- Periódicamente se hará una verificación física del estado que guardan las líneas de conducción de combustible.
- Los sistemas de combustibles contarán con un sistema contra incendios, diseñado conforme a las normas de NFPA, y básicamente estará compuesto por: sistema a base de agua, sistema a base de gas inerte, extinguidores portátiles, detección de humos en áreas cerradas, sistemas de inundación, sistemas de espuma contra incendios.
- Colocar señalizaciones preventivas de no comer, no fumar y/o realizar cualquier actividad que involucre chispa cerca de las instalaciones de almacenamiento y suministro de combustible.
- Colocar señalizaciones que indique el sentido de la circulación, con el fin de evitar accidentes que provoquen algún incendio.
- Mantenimiento preventivo de acuerdo a las especificaciones de la normativa y de la autoridad en la materia.
- Tomar las medidas necesarias para las diferentes actividades de trasvaso y suministro del combustible.
- La instalación eléctrica general será a prueba de explosión, así mismo se instalarán interruptores de emergencia.
- Se realizarán las pruebas de hermeticidad correspondientes, tanto a tanques de almacenamiento como a las tuberías.

- Si llegará a suscitarse algún derrame, se acordonara el área, y se procederá a limpiar y/o sanear al lugar, utilizando el equipo adecuado y realizado por una empresa especializada.
- Se establecerán los lineamientos necesarios correspondientes a la señalización, operación y de emergencia en las instalaciones, con el fin de resguardar las seguridad de los trabajadores al momento de suscitarse algún incidente.

VI.6 Residuos generados durante la operación del proyecto

VI.6.1 Caracterización

Residuos sólidos

Los residuos sólidos que se generan serán dispuestos por el servicio de limpia del municipio.

* Para la disposición de basura en el interior de la planta, se tendrán botes de 100 l, de capacidad, pintados de color gris, según las especificaciones se colocará un tambor; se colocarán bolsas de polietileno en el bote para que el desalojo sea más fácil en su recolección interna.

* Se evitará disponer los lodos extraídos de las trampas de grasas, botes y recipientes que hayan contenido grasas y/o lubricantes, en el contenedor dispuesto para desechos.

Residuos líquidos.

Las aguas negras provenientes de los servicios sanitarios de oficinas, se canalizarán por un sistema de drenajes, conducidos hasta la planta de tratamiento. Dicho sistema de drenaje se limpiará periódicamente.

* En cuanto a la recolección de aguas pluviales, alrededor de la planta se tienen registros con rejillas; así mismo, se tienen tapas con registros de igual forma, estas aguas serán conducidas a la red de aguas pluviales.

* Para los derrames que contengan agua y aceite se contará con una trampa de separación de aguas.

* En los módulos de abastecimiento se recogerán las aguas residuales por medio de registros con rejillas colocadas en cada posición de almacenamiento, igualmente sucede con las aguas recogidas en la zona de almacenamiento, la conducción de las aguas se hace por medio de un tubo de concreto, hasta una trampa de materia prima.

Emisiones atmosféricas.

La planta de almacenamiento de combustibles contará con diversos dispositivos que permitirán reducir las emisiones furtivas de vapores provenientes de los hidrocarburos, sin embargo, algunas fuentes de emisión no pueden ser totalmente eliminadas como será el caso del despacho de combustibles en el que, incluso, será posible observar la vaporización de los combustibles.

Eventualmente los tanques de almacenamiento podrán contar con un control de inventarios de tipo electrónico, que podrá sustituir paulatinamente la medición por medio de regla. Además, sus mediciones son repetitivas y pueden ser programadas para ser reportadas en la hora requerida por día; ello permitirá eliminar el tener que abrir los tanques evitando emisiones de hidrocarburos a la atmósfera.

Descarga de aguas residuales.

Las aguas residuales serán principalmente del área de baños, las cuales serán conducidas a la planta de tratamiento.

La siguiente descripción técnica se apegará, en lo posible, según lo establecen las Normas Oficiales Mexicanas de aplicación, que establece todo lo relativo a las descargas de aguas tratadas y de reuso.

Nuestra propuesta en el control de residuos líquidos se limita a hacer un muestreo en las aguas residuales, a fin de cumplir con la reglamentación existente.

VI.6.2 Factibilidad de reciclaje o tratamiento

Indicar la factibilidad de reciclaje de los residuos, descarga de efluentes y emisiones atmosféricas generadas durante la operación del proyecto.

Como ya se menciona anteriormente, los residuos sólidos municipales serán depositados en los sitios de disposición autorizados.

En lo que respecta a las descargas de aguas residuales, como ya se menciona, se conducirán a la planta de tratamiento, en la que los afluentes serán usados para las áreas verdes establecidas, así como para ser reutilizadas en alguno de los procesos establecidos en el Aeropuerto Metropolitano de México.

Con respecto a emisiones atmosféricas, no se considera ningún tipo de reciclaje.

VII. RESUMEN

1. Señalar las conclusiones del Estudio de Riesgo.

En la tabla VII.1 y VII.2 se relacionan las zonas de riesgo en base al Daño Máximo Catastrófico y el Daño Máximo Probable, así como el radio de a la zona de seguridad en el evento de incendio de tanques de almacenamiento.

Tabla VII.1 Daño Máximo Catastrófico y Probable

Combustible	Evento	Radio de Afectación(DMP)	Radio de Afectación (DMC)
Turbosina Escenario A	Explosión	8.94 m(30 psi)-111.55 m(0.5 psi)	15.29 m(30 psi)-190.75m(0.5 psi)
Turbosina Escenario B	Explosión	15.29 m(30 psi)-190.75 m(0.5 psi)	26.15 m(30 psi)-326.18 m(0.5 psi)
Gasavión Escenario C	Explosión	2.73 m(30 psi)-34.15 m (0.5 psi)	4.68 m(30 psi)-58.39 m(0.5 psi)
Gasavión Escenario D	Explosión	4.35 m(30 psi)-54.31 m(0.5 psi)	7.44 m(30 psi)-92.87 m(0.5 psi)
Gasavión + Turbosina Escenario E	Explosión	16.31 m(30 psi)-203.45 m(0.5 psi)	27.89 m(30 psi)-347.89 m(0.5 psi)

DMP: Daño Máximo Probable.

DMC: Daño Máximo Catastrófico.

psi: Sobrepresión (libras por pulgada cuadrada).

Como se puede observar, con respecto al Daño Máximo Catastrófico se tiene un radio de amortiguamiento igual a 347.89 m existiendo una sobrepresión de 0.5 psi, correspondiendo al escenario E), en el que se presenta el evento de explosión involucrando el volumen total de combustible, tanto de turbosina como de gasavión.

El segundo escenario que se observa es el B), en el cual se involucra la explosión del volumen total de combustible turbosina, siendo este de 1,500,000 litros, presentándose un radio de amortiguamiento de 326.18 metros distancia a la que se presenta una sobre presión de 0.5 psi. En consecuencia se define como el área real de amortiguamiento

Tabla VII.2 Radio a zona de seguridad en caso de incendio en área de almacenamiento

Combustible	Evento	Radio de Afectación(ZAR)	Radio de Afectación (ZDS)
Turbosina Escenario A	Incendio	181.0 m (3.68 Kw/m ²)	230.0 m (1.59 Kw/m ²)
Turbosina Escenario B	Incendio	315.0 m (3.23 Kw/m ²)	385.0 m (1.61 Kw/m ²)
Gasavión Escenario C	Incendio	111.0 m (3.62 Kw/m ²)	150.0 m (1.59 Kw/m ²)
Gasavión Escenario D	Incendio	176.0 m (3.59 Kw/m ²)	235.0 m (1.59 Kw/m ²)

ZAR: Zona de Alto Riesgo.

ZDS: Zona de seguridad.

Con respecto al evento en el cual se produce un incendio en el área de combustibles, se puede apreciar que el evento con un radio de afectación mayor es el B, el cual corresponde al incendio de los 5 tanques de turbosina llenados al 100%, con un radio de alto riesgo de 315 metros y un radio de seguridad de 385 metros.

El segundo evento que presenta más alto radio de afectación, son tanto el evento A como D, (incendio de un tanque de turbosina e incendio de los 4 tanques de gas avión), ya que presentan muy similares distancias de alto riesgo, así como los radios de las zonas de seguridad, con respecto al escenario A se determinó un radio de alto riesgo de 181 metros, mientras que para el D fue de 176 metros y un radio de seguridad para él A de 230 metros por 235 metros del D. El evento C al igual que en el evento de nubes explosivas fue el menos riesgoso.

Los eventos señalados anteriormente son los de máximo alcance, sin embargo se tiene contemplada una superficie de aproximadamente 22.5 hectáreas para la zona de tanques de almacenamiento de combustibles, lo que favorece el desarrollo y permite que los radios de riesgo determinados tanto en el evento de nube explosiva como incendios no sobrepase el área definida para la zona de tanques de almacenamiento, con lo que el evento riesgoso podrá ser controlado en un momento dado y no habrá afectaciones al resto de las áreas del proyecto, ni mucho menos a otras áreas aledañas a dicho desarrollo.

2. Hacer un resumen de la situación general que presenta el proyecto en materia de Riesgo Ambiental, señalando desviaciones encontradas y posibles áreas de afectación.

El proyecto consiste en un Aeropuerto Metropolitano de México, localizado en una superficie de 980 has, desarrollo que integrará las obras de Aeropuerto y Cargo City. El sitio seleccionado para la construcción del aeródromo es un valle abierto, lo que permite realizar operaciones visuales, por sus propias condiciones, además de que se asentará en una zona que actualmente es de uso agrícola, sin algún asentamiento población cercano.

Dentro de la infraestructura con la que contará el Aeropuerto Metropolitano de México, se encuentra el área de almacenamiento de combustibles, la cual se localiza en una superficie de 22.5 has y consiste en cinco tanques de 300,000 litros de capacidad para el combustible turbosina y cuatro tanques de 80,000 litros de capacidad para el combustible gasavión; bajo estas condiciones se determinó que esta área es de alto riesgo.

Identificando las desviaciones que se presentan, que son las condiciones de funcionamiento del sistema fuera de lo normal se tiene:

Análisis de Hazop, Aeropuerto Metropolitano de México Almacenamiento de combustibles:

Tanque principal de almacenamiento.

PARAMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIONES	CAUSA	CONSECUENCIA(G)	C	ACCIÓN REQUERIDA
Sustancia	Menor	Menor volumen al requerido en la operación	Fuga en algún punto del tanque	Mayor atmósfera explosiva en el interior del tanque (explosión)	4	Control de inventario
	Mas	Mayor volumen al requerido para la operación	Deficiencias en el trasiego de combustible	Fuga del material produciendo posible incendio y formación de nube explosiva	5	Capacitación del personal que realiza las labores de trasiego
Corrosión	Más	Mayor corrosión a la permitida en el diseño	Falta de mantenimiento	Fuga con posibilidad de incendio y formación de nube explosiva	5	Mantenimiento periódico

Como se puede observar, se tiene las desviaciones siguientes: Menor volumen al requerido en la operación, provocando mayor atmósfera explosiva en el interior del tanque; mayor volumen que el requerido en la operación, que ocasiona fuga del material y mayor corrosión a la permitida en el diseño, lo que provoca fuga del combustible y posible incendio.

En las tres desviaciones se tiene la posibilidad de presentarse una explosión, sin embargo, en las dos últimas, se tiene una probabilidad alta y con alto riesgo de afectación, ya que una vez que se suscita la fuga se favorece la formación de una nube explosiva y/o un incendio, que tendrá como consecuencia daños por sobrepresión explosiva y por radiación térmica, que son los eventos que se están simulando.

Para los casos de Daño Máximo Catastrófico y Daño Máximo Probable se tiene un radio de amortiguamiento de 347.89 m y 203.45 m respectivamente, existiendo una sobrepresión de 0.5 psi, correspondiendo al escenario E), en el que se presenta el evento de explosión involucrando el volumen total de combustible, tanto de turbosina como de gasavión.

En lo que respecta al evento de incendio en área de almacenamiento de combustibles, el radio mayor de alto riesgo que se presentó fue el de incendio simultáneo en los 5 tanques de turbosina, presentándose un radio de 315 metros con una radiación térmica próxima a 3.23 Kw/m², con lo cual podría provocar quemaduras de segundo grado a quien estuviera en esta distancia, y una zona de seguridad a 385 metros del centro de la bola de fuego originada por el incendio.

3. Presentar el Informe Técnico debidamente llenado.

INFORME TÉCNICO

Datos Generales

Giro de la empresa

<input type="checkbox"/>	Petroquímico	<input type="checkbox"/>	Químico	<input type="checkbox"/>	Agroindustrial	
<input type="checkbox"/>	Minero	<input type="checkbox"/>	Metalúrgico	<input type="checkbox"/>	Residuos Peligrosos	
<input type="checkbox"/>	Alimentos y Bebidas	<input type="checkbox"/>	Gasero	<input checked="" type="checkbox"/>	Otros (especificar)	Administrar Y operar la infraestructura aeroportuaria estatal

Uso de suelo donde se ubicará el proyecto

<input checked="" type="checkbox"/>	Agrícola	<input type="checkbox"/>	Rural	<input type="checkbox"/>	Habitacional	<input type="checkbox"/>	No cuenta con uso del suelo
<input type="checkbox"/>	Comercial	<input type="checkbox"/>	Mixto	<input type="checkbox"/>	Industrial	<input type="checkbox"/>	Otros (especificar)

El proyecto se pretende ubicar en una zona con las siguientes características

<input type="checkbox"/>	Zona industrial	<input type="checkbox"/>	Zona habitacional	<input type="checkbox"/>	Zona suburbana
<input type="checkbox"/>	Parque industrial	<input type="checkbox"/>	Zona urbana	<input checked="" type="checkbox"/>	Zona rural

Localización geográfica

Coordenadas	Vértices de la poligonal				Área requerida	225,000 m ²
	1	2	3	4		
X	518,337.683	520,370.525	515,031.542	516,130.803		
Y	2,208,447.529	2,208,040.798	2,203,453.903	2,202,675.853	Área total	9,800,000 m ²

Sustancias Manejadas

Nombre químico de la sustancia	Núm. CAS	Densidad (g/cm ³)	Riesgos Químicos						Capacidad total		Capacidad de la mayor unidad de almacenamiento (litros)
			C	R	E	T	I	B	Almacenamiento (litros)	Producción (unidad/día)	
Turbosina	No disponible	0.810	x			x	X		1,500,000	NA	300,000
Gasavió	308082-09-9	0.960	x			x	x		320,000	NA	80,000

Identificación y jerarquización de riesgos ambientales

Num. de falla	Num. de evento	Falla	Accidente hipotético			Ubicación				Metodología empleada para la identificación de riesgo
			Fuga	Incendio	Explosión	Etapa de operación			Unidad o equipo de proceso	
						Transporte	Regulación	Compresión		
1	A			X	X				Almacenamiento	Hazop
2	B			X	X				Almacenamiento	Hazop
3	C			X	X				Almacenamiento	Hazop
4	D			X	X				Almacenamiento	Hazop
5	E				X				Almacenamiento	Hazop

Estimación de consecuencias

Núm. de falla	Núm. de evento	Tipo de liberación		Cantidad hipotética liberada		Estado físico	Programa de simulación empleado	Zona de alto riesgo		Zona de amortiguamiento	
		Masiva	Continua	Cantidad	Unidad			Distancia (m)	Tiempo (seg)	Distancia (m)	Tiempo (seg)
1	A		X	300,000	Litros	Líquido	SCRI y Estimación Matemática	0-70	D.E. y R.	70-200	D.E. y R.
2	B		X	1,500,000	Litros	Líquido	SCRI y Estimación Matemática	0-120	D.E. y R.	120-330	D.E. y R.
3	C		X	80,000	Litros	Líquido	SCRI y Estimación Matemática	0-47	D.E. y R.	46-130	D.E. y R.
4	D		X	320,000	Litros	Líquido	SCRI y Estimación Matemática	0-74	D.E. y R.	74-200	D.E. y R.
5	E		X	1,820,000	Litros	Líquido	SCRI y Estimación Matemática	0-130	D.E. y R.	130-350	D.E. y R.

D.E. y R.; Durante la Explosión y la Radiación Térmica

Criterios utilizados

Núm. De falla	Núm. De evento	Toxicidad				Explosividad		Radiación térmica		Otros criterios
		IDHL	TLV	Velocidad del viento (m/s)	Estabilidad atmosférica	0.035 kg/ cm ²	0.070 kg/cm ²	1.6 kW/ m ²	>3.0 kW/ m ²	
1	A					190.75 m	113.28 m	230 m	181 m	
2	B					326.18 m	193.72 m	385 m	315 m	
3	C					126.08 m	74.88 m	150 m	111 m	
4	D					200.30 m	119.00 m	235 m	176 m	
5	E					347.89 m	206.62 m			

Metodología

Técnicas de evaluación de riesgos

	Análisis de seguridad	Lista de verificación	Jerarquización	Análisis preliminar de riesgo	¿Qué pasa si...?	Análisis de riesgo y probabilidad	Que pasa si/ lista de verificación	Análisis de modo de falla y efectos	Análisis de árbol de fallas	Análisis de árbol de eventos	Análisis de causa-consecuencia	Análisis de confiabilidad humana
Investigación del desarrollo												
Diseño conceptual												
Operación de planta piloto												
Ingeniería de detalle												
Construcción/inicio		♦										
Operación de rutina		♦	♦									
Expansión o modificación												
Investigación de accidentes		♦	♦					♦				
Desmantelamiento												

4. Conclusiones

Como ya se ha mencionado, la situación de la planta con respecto al riesgo por su operación queda enmarcada en las simulaciones de riesgo realizadas, tanto para el escenario de nubes explosiva realizadas en el software SCRI Ver.3.1, como para la afectación por radiación térmica realizada por modelación matemática. De dichas modelaciones se desprende que el área de amortiguamiento para el primer caso esta entre 0 m y 204 m para el caso de Daño Máximo Probable, mientras que para Daño Máximo Catastrófico esta entre 0 m y 348 m; en lo que corresponde a la modelación matemática de incendio tenemos que el área de amortiguamiento esta ubicada entre 0 m y 385 m.

De lo anterior podemos concluir que de acuerdo a la superficie definida para el área de los tanques estos tendrán suficiente superficie para las situaciones críticas, ya que a las distancias marcadas para los eventos de nubes explosivas, se tendrá una sobrepresión de 0.5 libras por pulgada cuadrada, en este mismo sentido, el grado de riesgo de los eventos se ve minimizado debido a que no existen asentamientos humanos en las inmediaciones del predio destinado para el proyecto (Zapotlán es la población más cercana y se ubica a más de 4 km de la zona de tanques, ver Capítulo VIII, anexo No. VIII.1.1). Por otra parte, no existirán oficinas o instalaciones propias de importancia del Aeropuerto Metropolitano de México cercanas a la zona de tanques de almacenamiento de combustibles, por lo que no habrá riesgo al personal laboral del aeropuerto.

De la misma manera, no se identifican procesos que puedan interactuar con una situación de riesgo que pudiera presentarse en esta área, debido a que solamente se almacenará combustible y se distribuirá a las aeronaves por medio de autotanques.

Cabe mencionar que para tener mayor seguridad en las instalaciones se contempla lo siguiente:

Se implementará el Programa de Prevención de Accidentes (PPA), con el fin de prevenir la pérdida de vidas o daños a la salud y al bienestar social, evitar daños a los bienes y el de asegurar la seguridad ambiental en las comunidades locales, así como el de desarrollar, revisar y actualizar planes de respuesta a emergencias contingentes, involucrando a los miembros de las comunidades locales en el desarrollo, prueba e implementación de planes generales de respuesta a emergencias.

El PPA, incluirá los siguientes elementos:

- Organización para la prevención de accidentes de la empresa. Unidad de coordinación.
- Equipos y servicios de emergencia.
- Procedimientos específicos de respuesta a emergencias
- Sistema de comunicación y alarmas
- Procedimiento para el retorno a condiciones normales y recuperación
- Programa de capacitación y entrenamiento
- Actualización del programa para la prevención de accidentes de nivel interno

Se contará con un sistema de control de inventarios y monitoreo eléctrico.

El encargado de la planta, en cada cambio de turno o como máximo cada 24 horas, revisará y registrará en la bitácora que el sistema de control de inventarios y monitoreo electrónico se encuentre funcionando correctamente.

El equipo contraincendios estará sujeto al siguiente programa de mantenimiento:

- Revisión semestral para verificar su estado general, la cual quedará registrada en una bitácora y en el extintor.
- Mantenimiento integral una vez al año por una compañía especializada, con vaciado total y recarga, marcada en el extintor.

- Cuando un extintor sea removido de su lugar para su recarga y/o reparación, deberá remplazarse por otro de las mismas características, durante el tiempo que el primero este fuera de servicio.

Se instalarán señalamientos que cumplan con las especificaciones técnicas, en cuanto a características y ubicación.

En el interior de las oficinas se colocarán señalamientos fotoluminiscentes, que indiquen las rutas de evacuación preestablecidas.

Los señalamientos se adecuarán, en lo procedente al Programa Interno de Protección Civil.

Se establecerá por escrito el Programa Interno de Protección Civil, en los términos que establece la autoridad civil.

A los trabajadores se les hará saber sobre los documentos de seguridad y operación tales como:

- Programa Interno de Protección Civil
- El Reglamento Interno de Labores
- Nociones Básicas de Seguridad
- Ubicación de Equipos Contra Incendios
- Uso Apropriado de Extintores
- Ubicación de botones de para de emergencia
- Localización de tableros eléctricos y circuitos que controlan
- Características de los combustibles
- Nociones de Primeros Auxilios
- Interpretación de señales de alumbrado del sistema de control de inventarios y monitoreo de fugas