

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Metodología para el estudio de factibilidad de la construcción de un
aeropuerto internacional en la República de Guatemala

Trabajo de megaproyecto presentado por:

Patricio Oswaldo Chajil Yoxón

David José Cuevas Méndez

Roselena Cristina Díaz Pérez

Joan Mariana Estrada Vásquez

para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Civil;

Sebastián Gálvez Torres

para optar al grado académico de Licenciado en Administración del Turismo Sostenible

Guatemala

2014

Metodología para el estudio de factibilidad de la construcción de un
aeropuerto internacional en la República de Guatemala

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Metodología para el estudio de factibilidad de la construcción de un
aeropuerto internacional en la República de Guatemala

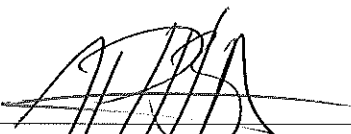
Trabajo de megaproyecto presentado por:

Patricio Oswaldo Chajil Yoxón, David José Cuevas Méndez, Roselena Cristina Díaz Pérez y Joan Mariana
Estrada Vásquez para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Civil; y
Sebastián Gálvez Torres para optar al grado académico de Licenciado en Administración de Turismo
Sostenible

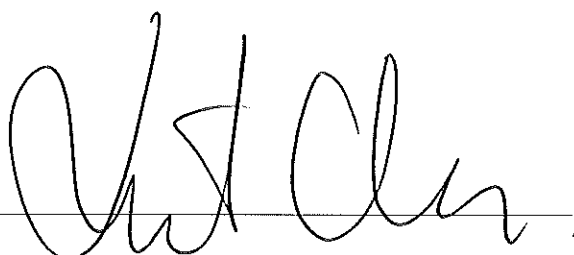
Guatemala


2014

Vo. Bo. :

(f) 
Arq. Juan Pablo Blas Arias

Tribunal Examinador:

(f) 
MBA Ing. Roberto Godo Levensen

(f) 
M.Sc. Claire Dalliés de Masaya

Fecha de aprobación: Guatemala 24 de noviembre de 2014

PREFACIO

La idea de la realización de este estudio surgió en el 2013 acerca de elegir un lugar donde ubicar un nuevo aeropuerto internacional fuera de la ciudad de Guatemala. Luego de hacer investigaciones acerca de traslados fallidos y de posibles lugares a donde mover el aeropuerto, se observó que el verdadero problema era conseguir el lugar ideal a donde debería moverse el aeropuerto. Fue por eso que se planteó la idea de hacer una metodología para comparar posibles lugares y así elegir hacia dónde se debería de mover el aeropuerto. Debido a que el tema es tan amplio, se dividió el estudio en diferentes temas, los cuales deben analizarse para tomar una decisión como la de ubicar un nuevo aeropuerto.

Debemos agradecer a todas las personas que nos acompañaron durante este proceso. En primer lugar, queremos agradecer a nuestros padres por darnos la oportunidad de estudiar y salir adelante, y por darnos su apoyo incondicional en toda actividad que realizáramos; al arquitecto Juan Pablo Blas, al ingeniero Juan Carlos Santizo, al ingeniero Roberto Godo y a la Msc. Claire Dalliés por orientarnos para llevar a cabo este estudio; y a la Universidad del Valle de Guatemala por obligarnos a mantener un nivel académico alto, lo que nos permitió realizar este proyecto con éxito.

ÍNDICE

PREFACIO	v
ÍNDICE	vi
LISTA DE TABLAS	xiv
LISTA DE FIGURAS	xxi
LISTA DE ACRÓNIMOS	xxvii
RESUMEN	xxx
ABSTRACT	xxxix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. JUSTIFICACIÓN	2
III. OBJETIVOS	3
<i>A. Objetivo general</i>	3
<i>B. Objetivos específicos</i>	3
<i>C. Objetivos específicos de subtemas</i>	3
IV. MARCO TEÓRICO	5
<i>A. El Aeropuerto</i>	5
1. ¿Qué es un aeropuerto?.....	5
2. Usos y funciones de un aeropuerto.	5
3. Tipos de aeropuertos	5
a. Aeropuerto de primera categoría o internacional.....	5
b. Aeropuerto de segunda categoría.	6
c. Aeropuerto de tercera categoría.....	6
<i>B. Componentes de un aeropuerto</i>	7
1. Área de movimiento aeronáutico	7
a. Pistas.....	7
b. Capacidad de pista.....	9
c. Calles de rodaje.	9
d. Plataformas.....	9
2. Zona terrestre	13
a. Edificio terminal.....	13
b. Edificio de Estacionamientos	14
c. Vialidades.....	14
3. Instalaciones complementarias de los aeropuertos.....	14
a. Hangares.....	14
b. Zona de combustibles	14

c. Cuerpo de rescate y extinción de incendios (CREI)	14
d. Torre de control.....	14
4. Aeronaves.....	14
a. Dimensiones.	15
b. Pesos.....	16
5. Ayudas de navegación (NAVAID) e instalaciones de control de tránsito aéreo (ATC).....	17
a. Torre de Control de tránsito aéreo (ATCT).....	17
b. Transmisor-receptor remoto (RTR) y medio de comunicación remota (RCO).....	17
c. Radar de vigilancia del aeropuerto (ASR).....	18
d. Monitor de precisión de pista (PRM).....	19
e. Equipo de detección de la superficie del aeropuerto (ASDE)	19
f. Luces de identificación del final de la pista (REIL).....	19
g. Sistema de luces de aproximación (ALS).....	20
h. Sistema de luces de entrada (LDIN).....	25
i. Balizas rotativas de aeropuertos.	26
j. Indicador de trayectoria de aproximación precisa (PAPI).....	26
k. Sistema de aterrizaje por instrumentos (ILS).....	28
l. Antena de localizadores (LOC).....	28
m. Antena de senda de planeo (GS).....	29
n. Equipo de medición de distancia (DME).....	31
o. Alcance visual de la pista (RVR)	31
p. Radiofaro omnidireccional de alta frecuencia (VOR).....	32
q. Radiofaro no direccional (NBD).....	34
r. Círculos segmentados o mangas de viento.....	35
s. Sistema automatizado de observación de superficie (ASOS) y Sistema automatizado de observación de clima (AWOS).....	35
t. Cámara de clima (WCAM).....	36
u. Equipo de viento F-400 (WEF).....	36
v. Sistema de alerta de cortante del viento a bajo nivel (LLWAS).....	37
w. Luces de estado de pista (RWSL).....	37
C. <i>Industria del transporte aéreo</i>	37
1. Inicios de la aviación comercial.....	38
2. Chárter.....	39
3. Líneas aéreas de bajo costo. compañías aéreas se debían ajustar a una determinada capacidad preestablecida por el mercado sin excederse de ninguna manera	39
4. Alianzas estratégicas de aerolíneas.	39
5. Tendencias en aviación internacional	40
D. <i>Reglamentos y normas</i>	42
1. Reglamentos y normas que rigen las características de los aeródromos en la República de Guatemala.....	42

2. Reglamentos de la Ley de Aviación Civil Guatemalteca.....	42
3. Organización de Aviación Civil Internacional.....	45
a. Leyes ambientales.....	45
b. Legislación guatemalteca..	46
<i>E. Industria aeroportuaria en Guatemala</i>	56
1. Aeropuerto Internacional La Aurora.....	56
a. Relación aeropuerto-ciudad.....	56
b. Historia.....	58
c. Aspecto funcional.....	59
d. Limitantes.....	59
e. Ideas de traslado.....	60
f. Contexto.....	60
g. Remodelación.....	62
2. Aeropuerto Internacional Mundo Maya.....	64
3. Aeropuerto de Puerto Barrios..	64
4. Aeropuerto del Puerto de San José.....	65
5. Aeropuerto de Quetzaltenango.....	65
6. Aeropuerto de Retalhuleu.....	65
<i>F. Impactos de la construcción de un aeropuerto</i>	67
1. Impactos directos	67
a. Impactos positivos en el transporte aéreo.....	67
b. Impactos negativos en el transporte aéreo.....	69
2. Impactos indirectos.....	74
<i>G. Situación de Guatemala</i>	74
1. Condiciones topográficas	74
a. Topografía de Guatemala.....	74
b. Medios de referencia y sistemas de información geográfica.....	76
2. Geografía productiva de Guatemala según carga aérea.....	79
a. Carga aérea en Guatemala.....	79
b. Principales productos de exportación que conforman la carga aérea.....	81
c. Sectores productivos de Guatemala.....	82
3. Finanzas	85
a. Financiamiento de proyectos.....	85
b. Propiedad y control de aeropuertos	88
<i>H. Turismo</i>	92
1. El turismo y su relación con los aeropuertos	92
a. Llegadas de turistas internacionales).....	93
b. El turismo en Guatemala.....	94
2. La industria de viajes y turismo y su relación con la competitividad.....	95
a. Destinos turísticos en un mundo volátil.....	96
b. Estimulando el crecimiento económico y el desarrollo por medio del turismo.....	97
c. Los beneficios económicos de la aviación.....	98

d. El turismo como medio de crecimiento de empleos.....	101
<i>I. Planificación y construcción de un aeródromo.....</i>	<i>102</i>
1. Proceso de planificación y diseño.....	102
a. Tipos de proyectos.....	102
b. Tipos de servicios.....	104
c. Programación de instalaciones.....	105
d. Planificación conceptual.....	106
e. Proceso de diseño.....	107
f. Ingeniería de valor.....	107
g. Proceso constructivo.....	107
h. Aprobación y certificación.....	108
<i>J. Requerimientos técnicos de diseño.....</i>	<i>108</i>
1. Aeronave crítica de diseño.....	108
2. Pista.....	109
a. Número y orientación de las pistas.....	109
b. Componente transversal máxima admisible del viento.....	109
c. Longitud de la pista.....	110
d. Anchura de las pistas.....	111
e. Pendientes longitudinales de las pistas.....	112
f. Pendientes transversales de las pistas.....	112
g. Emplazamiento del umbral.....	112
h. Márgenes de la pista.....	113
i. Franjas de pista.....	113
3. Calles de rodaje.....	114
a. Anchura de las calles de rodaje.....	115
b. Curvas de las calles de rodaje.....	115
c. Distancias mínimas de separación de las calles de rodaje.....	116
d. Pendientes de las calles de rodaje.....	116
e. Márgenes de las calles de rodaje.....	117
f. Calles de salida rápida.....	117
4. Terminal de pasajeros.....	118
a. Puertas.....	118
b. Edificio terminal.....	119
c. Plataformas.....	119
5. Superficies limitadoras de obstáculos.....	121
a. Regulación de Aeronáutica Civil de Guatemala.....	121
b. Requerimientos internacionales para aeropuertos según la OACI.....	121
V. METODOLOGÍA.....	128
VI. RESULTADOS.....	129
A. <i>Aviación en Guatemala.....</i>	<i>129</i>
1. Deficiencias de la pista del Aeropuerto Internacional La Aurora.....	129

2. Mercados de turismo que entran y salen por vía aérea a Guatemala.	132
3. Posibles nuevas rutas aéreas a explorar.	137
<i>B. Determinación de indicadores del sector turístico</i>	<i>139</i>
1. Tablas comparativas de entrevistas a profesionales.....	139
2. Metodología de indicadores como matriz de comparación de la situación actual de Guatemala en el sector económico/turístico.....	147
<i>C. Metodología de predimensionamiento de aeródromos según requerimientos técnicos.</i>	<i>151</i>
1. Parámetros de diseño.	152
a. Aeronave crítica de diseño para la que se proyecta el aeródromo	152
b. Clave de referencia de aeródromo.	152
c. Componente transversal del viento.	153
d. Longitud de pista.	153
e. Correcciones de longitud de pista	154
f. Anchura de la pista.....	155
g. Pendientes de la pista.	155
h. Margen de la pista.	155
i. Franjas de la pista.	156
j. Calles de rodaje.	156
k. Calles de salida rápida.	156
l. Elección de radioayudas de navegación.	157
m. Puertas.	157
n. Edificio terminal.	158
o. Margen de plataforma.	158
p. Configuración de plataforma.	158
2. Ejemplificación de metodología de predimensionamiento de aeródromo según requerimientos técnicos de diseño.	159
a. Aeronave crítica de diseño para la que se proyecta el aeródromo	159
b. Clave de referencia de aeródromo	162
c. Componente transversal del viento	162
d. Longitud de pista	164
e. Correcciones de longitud de pista	165
f. Anchura de la pista.....	173
g. Pendientes de la pista	173
h. Margen de la pista	173
i. Franjas de la pista.....	174
j. Calles de rodaje	174
k. Calles de salida rápida	174
l. Elección de radioayudas de navegación	174
m. Puertas.	175
n. Edificio terminal.....	175
o. Margen de plataforma	175

p. Configuración de plataforma.....	175
<i>D. Integración de costos</i>	179
1. Compra de la tierra.....	179
2. Fase de diseño.....	180
3. Licencias y permisos.....	181
4. Trabajos preliminares.....	181
5. Pistas:	181
a. Pista activa.....	181
b. Pista para hangares privados.....	185
c. Plataformas.....	186
d. Instrumentación.....	186
e. Terminal de pasajeros.....	187
f. Puertas de embarque.....	187
g. Edificio de parqueos.....	187
h. Torre de control.....	189
i. Cuerpo de rescate.....	189
<i>E. Análisis financiero</i>	196
1. Propuesta de ingresos.....	196
<i>F. Evaluación de indicadores</i>	198
1. Análisis de la topografía y su relación con las superficies limitadoras de obstáculos.....	198
a. Metodología para el análisis de la topografía y su relación con las superficies limitadoras de obstáculos	198
b. Mapas e información de la región a evaluar.....	205
c. Identificación de los principales departamentos que generan carga aérea.....	207
d. Indicadores según criterios topográficos y su relación con las superficies limitadoras de obstáculos.....	209
e. Indicador para evaluar la ubicación geográfica del sitio en relación a los principales departamentos que generan carga aérea.....	212
f. Indicadores para evaluar la accesibilidad al sitio	212
g. Ejemplificación del uso de indicadores	214
h. Evaluación de indicadores.....	228
2. Análisis ambiental.....	228
a. Información preliminar para el análisis ambiental.....	228
3. Análisis de posibles ubicaciones a tomar en cuenta para la construcción de un nuevo aeropuerto internacional.....	233
a. Nivel de escolaridad y alfabetización en los municipios analizados	234
b. Población económicamente activa en los municipios analizados.....	236
c. Servicio de agua potable en los municipios analizados.....	237
d. Servicio sanitario en los municipios analizados.....	239
e. Servicio de alumbrado en los municipios analizados.....	241
4. Geografía y topografía de los municipios analizados	243

a. Geografía de Escuintla, Escuintla	243
b. Topografía de Escuintla, Escuintla	243
c. Geografía de Sanarate, El Progreso	244
d. Topografía de Sanarate, El Progreso	245
e. Geografía Barberena, Santa Rosa.	245
f. Topografía de Barberena, Santa Rosa.	246
g. Geografía de Jalapa, Jalapa.	247
h. Topografía de Jalapa, Jalapa.....	247
i. Geografía Patzicía, Chimaltenango.	248
j. Topografía de Patzicía, Chimaltenango.	249
5. Descripción del ambiente biótico en la República de Guatemala con implementación de la herramienta GIS.....	249
a. Marco General del ambiente biótico en la República de Guatemala.	249
b. Escuintla, Escuintla.	250
c. Sanarate, El Progreso.....	255
d. Barberena, Santa Rosa.....	258
e. Patzicía, Chimaltenango	262
f. Jalapa, Jalapa.....	265
6. Abastecimientos de agua.....	269
a. Agua potable.....	269
b. Abastecimiento y calidad de agua en los municipios analizados.	270
c. Tipos de pozos.....	277
d. Indicadores basados en un análisis del sector ambiental	278
e. Indicadores ambientales directos.	281
7. Utilización de la metodología para el análisis de indicadores ambientales para la construcción de un nuevo aeropuerto internacional.	285
a. Indicadores según criterios de profesionales para evaluar ubicación de construcción de un nuevo aeropuerto desde el punto de vista turístico.	287
b. Determinación de indicadores en el sector económico y financiero.....	291
8. Análisis de indicadores del sector económico y financiero.	295
a. Escuintla, Escuintla	296
c. Sanarate, El Progreso.....	298
d. Patzicía, Chimaltenango	301
e. Jalapa, Jalapa	304
f. Barberena, Santa Rosa	306
9. Indicadores ponderados por sector de estudio.	310
VII. DISCUSIÓN	313
VIII. CONCLUSIONES.....	320
IX. RECOMENDACIONES.....	325
X. BIBLIOGRAFÍA.....	329

XI. ANEXOS 342

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Códigos para elaboración de pista de aterrizaje.....	6
Tabla 2. Clasificación de pistas.	8
Tabla 3. Ingreso de divisas por actividad Primer Cuatrimestre 2013 *millones de dólares	95
Tabla 4. Definición de categorías de aeropuertos.....	103
Tabla 5. Componente transversal del viento.....	110
Tabla 6. Valores atmosféricos tipo	111
Tabla 7. Anchura de pistas.	111
Tabla 8. Pendientes longitudinales de pistas.	112
Tabla 9. Pendientes transversales de pista.....	112
Tabla 10. Márgenes de pista.	113
Tabla 11. Franjas de pista, dimensión longitudinal.	113
Tabla 12. Franjas de pista, dimensión transversal.	113
Tabla 13. Franjas de pista, pendientes longitudinales.	114
Tabla 14. Franjas de pista, pendientes transversales.	114
Tabla 15. Distancia libre entre rueda del avión y borde de la calle.	114
Tabla 16. Anchura de calles de rodaje.....	115
Tabla 17. Distancias mínimas de separación de las calles de rodaje.	116
Tabla 18. Pendientes longitudinales de calles de rodaje.....	116
Tabla 19. Pendientes transversales de calles de rodaje.....	116
Tabla 20. Márgenes de calles de rodaje.....	117
Tabla 21. Radio de curva de viraje de calles de salida rápida.	117
Tabla 22. Velocidades de salida rápida.	117
Tabla 23. Tipos de puertas.....	118
Tabla 24. Separación de puertas para aeronaves.	119
Tabla 25. Superficie terminal.	119
Tabla 26. Márgenes de separación en los puestos de estacionamiento de aeronaves.	120
Tabla 27. Matriz de configuración de plataforma respecto al tamaño del aeropuerto.	120
Tabla 28. Dimensiones y pendientes de las superficies limitadoras de obstáculos, (Pistas de aterrizaje).....	126
Tabla 29. Dimensiones y pendientes de las superficies limitadoras de obstáculos, Pistas destinadas al despegue.....	127
Tabla 30. Deficiencias de la pista Aeropuerto Internacional La Aurora.	130

Tabla 31. Correcciones de longitud de pista óptima para Aeropuerto Internacional La Aurora.	130
Tabla 32. Correcciones de longitud de pista para el Aeropuerto Internacional La Aurora con reducción de peso máximo de despegue.....	131
<i>Tabla 33. Total de turistas ingresados por vía aérea (2011-2013)</i>	132
Tabla 34. Cantidad de turistas ingresados por línea aérea (2012)	135
Tabla 35. Cantidad de turistas egresados por línea aérea (2012).....	135
Tabla 36. Salida de residentes por vía (2013).....	136
Tabla 37. Salida de residentes por vía aérea (2009 a 2013).....	137
Tabla 38. Tabla comparativa de profesión, institución, desempeño profesional y frecuencia de viajes aéreos en los entrevistados.	141
Tabla 39. Tabla comparativa de las experiencias en aeropuertos dentro de Guatemala.	142
Tabla 40. Tabla comparativa de involucramiento de entrevistados en proyectos de aeronáutica y su percepción del Aeropuerto La Aurora con otros aeropuertos internacionales.	142
Tabla 41. Tabla comparativa de percepciones de los entrevistados en cuanto a la ubicación actual del aeropuerto.	143
Tabla 42. Actitud de los entrevistados hacia la construcción de un nuevo aeropuerto.....	143
Tabla 43. Posición del entrevistado en torno a los beneficios de la construcción de un nuevo aeropuerto.....	143
Tabla 44. Tabla comparativa de las percepciones de los entrevistados en cuanto a términos de competitividad.	144
Tabla 45. Tabla comparativa de las opiniones de los encuestados hacia la posibilidad de captar nuevos mercados con un nuevo aeropuerto y cuales creen que son los mercados a captar.	144
Tabla 46. Posibles limitantes a la hora de construir un nuevo aeropuerto en Guatemala según los entrevistados.....	145
Tabla 47. Indicadores a evaluar en el área turística según los entrevistados	145
Tabla 48. Indicadores a evaluar en el sector económico según los entrevistados.....	146
Tabla 49. Catorce pilares del Índice de Competitividad Turística.....	147
Tabla 50. Puntos clave de Guatemala.....	147
Tabla 51. Estimados turísticos del 2012.....	148
Tabla 52. Índice de indicadores de competitividad turística actual de Guatemala 2013	148
Tabla 53. Tabla comparativa del panorama competitivo de la región Centroamericana basada en los 14 pilares del índice de competitividad turística.....	151

Tabla 54. Ponderación de resultados de la región Centroamericana en relación a los indicadores de competitividad turística	151
Tabla 55. Factor: aeronave crítica de diseño.	152
Tabla 56. Parámetro: clave de referencia de aeródromo.....	152
Tabla 57. Parámetro: componente transversal del viento.	153
Tabla 58. Parámetro: longitud básica de la pista.	153
Tabla 59. Parámetro: correcciones de longitud de pista.	154
Tabla 60. Parámetro: anchura de pista.....	155
Tabla 61. Parámetro: pendientes de la pista.	155
Tabla 62. Parámetro: dimensionamiento margen de la pista.	155
Tabla 63. Parámetro: dimensionamiento de franjas de la pista.	156
Tabla 64. Parámetro: dimensionamiento de calles de rodaje.....	156
Tabla 65. Parámetro: dimensionamiento de calles de salida rápida.	157
Tabla 66. Parámetro: radioayudas de navegación.	157
Tabla 67. Parámetro: tipo y cantidad de puertas.....	157
Tabla 68. Parámetro: dimensionamiento de edificio terminal.	158
Tabla 69. Parámetro: margen de plataforma.....	158
Tabla 70. Parámetro: configuración de plataforma.	158
Tabla 71. Elección de aeronave crítica de diseño.	159
Tabla 72. Aeronaves que utilizan los aeropuertos centroamericanos.	161
Tabla 73. Clave de referencia de aeródromo.	162
Tabla 74. Componente transversal del viento.....	162
Tabla 75. Longitud básica de la pista.	164
Tabla 76. Correcciones de longitud de pista para Escuintla, Escuintla.	167
Tabla 77. Correcciones de longitud de pista para Sanarate, El Progreso.....	167
Tabla 78. Correcciones de longitud de pista para Patzicía, Chimaltenango.	170
Tabla 79. Correcciones de longitud de pista para Barberena, Santa Rosa.	170
Tabla 80. Correcciones de longitud de pista para Jalapa, Jalapa.	173
Tabla 81. Anchura de pista.....	173
Tabla 82. Pendientes de la pista.....	173
Tabla 83. Dimensionamiento margen de la pista.....	173
Tabla 84. Dimensionamiento de franjas de la pista.	174
Tabla 85. Dimensionamiento de calles de rodaje.	174

Tabla 86. Dimensionamiento de calles de salida rápida.....	174
Tabla 87. Radioayudas de navegación.	174
Tabla 88. Tipo y cantidad de puertas.....	175
Tabla 89. Dimensionamiento de edificio terminal.....	175
Tabla 90. Margen de plataforma.....	175
Tabla 91. Configuración de plataforma.	175
Tabla 92. Resumen de parámetros.....	177
Tabla 93. Dimensiones de la pista de aterrizaje	182
Tabla 94. Espesor de capas de la pista activa	182
Tabla 95. Espesor de capas de la pista de transición	182
Tabla 96. Dimensionamiento de la pista de hangares privados	185
Tabla 97. Espesor de las capas de la pista de hangares privados.....	186
Tabla 98. Integración de costos Aeropuerto Internacional	190
Tabla 99. Cuadro de resumen Inversión Inicial Análisis Financiero	196
Tabla 100. Áreas de renta y tarifas propuestas de ingresos aeroportuarios en Guatemala	196
Tabla 101. Otros ingresos y tarifas	197
Tabla 102. Ingresos zonas adyacentes a la terminal de pasajeros y propuesta de tarifas.....	197
Tabla 103. Ingresos del edificio de parqueos y tarifas en Guatemala.....	197
Tabla 104. Ingresos e impuestos por servicios de aproximación y tarifas en Guatemala	197
Tabla 105. Pasos para dimensionamiento de las superficies limitadora de obstáculos.....	198
Tabla 106. Dimensiones y pendientes de las superficies limitadoras de obstáculos, Pistas de aterrizaje	200
Tabla 107. Dimensiones y pendientes de las superficies limitadoras de obstáculos, Pistas destinadas al despegue.....	201
Tabla 108. Diferencias de alturas entre sectores recomendables para aeródromos con número de clave 3 ó 4 y pistas con aproximaciones de precisión	205
Tabla 109. Nivel de importancia de los departamentos de Guatemala, según la variedad de productos que genera.	207
Tabla 110. Indicador para la evaluación de las alturas del terreno en el área de influencia de la superficie de aproximación.....	209
Tabla 111. Indicador para la evaluación de las alturas del terreno en el área de influencia de la superficie de ascenso en el despegue.....	210

Tabla 112. Indicador para la evaluación de las alturas del terreno en el área de influencia de la superficie horizontal interna	211
Tabla 113. Indicador para la evaluación de las alturas del terreno en el área de influencia de la superficie cónica	211
Tabla 114. Indicador para evaluar la ubicación geográfica en relación a la importancia del departamento en las exportaciones por vía aérea.....	212
Tabla 115. Indicador para evaluar la funcionalidad de la carretera primaria de acceso	213
Tabla 116. Indicador para evaluar el nivel de servicio de la carretera primaria de acceso	213
Tabla 117. Indicador para evaluar la distancia entre la carretera de acceso al área terminal y estacionamientos	214
Tabla 118. Dimensiones de las superficies limitadoras de obstáculos.	214
Tabla 119. Resultado de la evaluación de sitios propuesto	228
Tabla 120. Departamentos y número de municipios, según región.	229
Tabla 121. Población de 15 a 64 años de edad, según condición de alfabetismo y sexo.....	231
Tabla 122. Población de 7 años y más de edad, según nivel de escolaridad y sexo.	231
Tabla 123. Población urbana de 7 años y más de edad, según nivel de escolaridad y sexo.	232
Tabla 124. Población rural de 7 años y más de edad, según nivel de escolaridad y sexo.	232
Tabla 125. Nivel de escolaridad en los municipios analizados	234
Tabla 126. Porcentajes de nivel de escolaridad en los municipios analizados	234
Tabla 127. Nivel de alfabetización en los municipios analizados	235
Tabla 128. Población económicamente activa en los municipios analizados	236
Tabla 129. Porcentaje de población económicamente activa en los municipios analizados.....	236
Tabla 130. Hogares por tipo de servicio de agua potable en los municipios analizados	237
Tabla 131. Porcentaje de tipo de servicio de agua potable en los municipios analizados	238
Tabla 132. Hogares que disponen de servicio sanitario en los municipios analizados	239
Tabla 133. Servicio sanitario de uso exclusivo para el hogar	240
Tabla 134. Servicio sanitario compartido entre varios hogares	240
Tabla 135. Distribución del servicio sanitario, exclusivo y compartido entre varios hogares.....	241
Tabla 136. Hogares por tipo de alumbrado que disponen en los municipios analizados.....	242
Tabla 137. Porcentaje de los tipos de alumbrado en los municipios analizados.....	242
Tabla 138. Áreas protegidas en el departamento de Escuintla	253
Tabla 139. Áreas protegidas en el departamento de El Progreso.....	258
Tabla 140. Áreas protegidas en el departamento de Santa Rosa	259

Tabla 141. Áreas protegidas en el departamento de Chimaltenango	265
Tabla 142. Áreas protegidas en el departamento de Jalapa	266
Tabla 143. Sustancias químicas, LMA y LMP del agua	271
Tabla 144. Características físicas, sensoriales del agua.....	272
Tabla 145. Características físicas, sensoriales del agua.....	272
Tabla 146. Relación de las sustancias inorgánicas con significado para la salud, con sus respectivos límites máximos permisibles (LMP)	272
Tabla 147. Sustancias no deseadas. Límite máximo aceptable y límite máximo permisible	272
Tabla 148. Datos promedio para el análisis físico del agua en municipio de Jalapa	273
Tabla 149. Datos promedio para el análisis químico del agua en municipio de Jalapa	274
Tabla 150. Parámetros físicos obtenidos de la Planta de tratamiento “La Carbonera”	276
Tabla 151. Parámetros químicos promedio obtenidos del agua que abastece la planta de tratamiento “La Carbonera”	276
Tabla 152. Parámetros químicos promedio del agua que abastece la planta de tratamiento “La Carbonera” parte 2.....	276
Tabla 153. Servicios básicos y agua Escuintla, Escuintla	277
Tabla 154. Indicador de disponibilidad de servicios de agua potable	279
Tabla 155. Indicador de disponibilidad de servicios sanitarios	279
Tabla 156. Indicador de población alfabeta en la región	280
Tabla 157. Indicador de nivel de escolaridad en la región	280
Tabla 158. Indicador de población económicamente activa	281
Tabla 159. Indicador de disponibilidad de alumbrado eléctrico	281
Tabla 160. Indicador de la topografía del terreno.....	282
Tabla 161. Indicador de accidentes geográficos en la región	282
Tabla 162. Indicador de calidad de aguas superficiales disponibles.....	283
Tabla 163. Indicador de calidad de suelo disponible para la agricultura	283
Tabla 164. Indicador del porcentaje de áreas deforestadas en relación al total del área.....	284
Tabla 165. Indicador de Áreas protegidas	285
Tabla 166. Resultados de cuadro ponderado	286
Tabla 167. Indicador de atractivos del lugar.	287
Tabla 168. Indicador de distancia a destinos turísticos principales.	287
Tabla 169. Indicador de distancia hacia la ciudad capital.	288
Tabla 170. Indicador para cercanía con centros de distribución turística.	288

Tabla 171. Indicador de planta turística existente.	289
Tabla 172. Indicador para planta hotelera.	289
Tabla 173. Indicador para cercanía con puertos marítimos.	290
Tabla 174. Indicador para cercanía con fronteras.	290
Tabla 175. Indicador de Capacidad de uso de la tierra.....	291
Tabla 176. Indicador de tamaño de las propiedades.....	292
Tabla 177. Indicador de tipo de suelo.....	292
Tabla 178. Indicador de distancia hacia la Ciudad Capital.....	293
Tabla 179. Indicador de temperatura promedio anual	293
Tabla 180. Indicador de altura sobre el nivel del mar	294
Tabla 181. Indicador de rangos de precipitación promedio anual	294
Tabla 182. Indicador de pendientes del terreno	294
Tabla 183. Indicador de ubicación de bancos de materiales.....	295
Tabla 184. Evaluación de indicadores en base a análisis económico y financiero por departamento	309
Tabla 185. Indicadores consolidados.....	310

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Plataforma simple.	10
Figura 2. Plataforma lineal.	10
Figura 3. Concepto de plataforma lineal.	10
Figura 4. Plataforma finger.....	11
Figura 5. Plataforma satelital.....	11
Figura 6. Plataforma transportadora.	12
Figura 7. Composición del lado aire y torre de control	13
Figura 8. Dimensiones típicas de aeronaves de gran envergadura.	15
Figura 9. Dimensiones típicas de aeronaves de pequeña envergadura.	15
Figura 10. Instalaciones de comunicación de Transmisor-receptor remoto (RTR)	18
Figura 11. Radar de vigilancia del aeropuerto (ASR). Torre de 5 m de altura.	18
Figura 12. Monitor de precisión de pista.	19
Figura 13. REIL.....	20
Figura 14. Luces de identificación de final de pista (REIL).	20
Figura 15. Sistema de luces de aproximación (ALS) con secuencia intermitente II (ALSF-2).....	21
Figura 16. Sistema de luz de aproximación de mediana intensidad (MALS) con luces indicadores de alineamiento de pista (MALSR).....	22
Figura 17. Infraestructura para MALSR.....	23
Figura 18. MALS	23
Figura 19. MALS con secuencia intermitente (MALSF)	24
Figura 20. Sistema de luces de aproximación omnidireccional. (ODALS).	24
Figura 21. Sistema de luces de entrada (LDIN).....	25
Figura 22. Instalaciones de LDIN.....	26
Figura 23. Representaciones visuales de balizas rotativas de aeropuertos.	26
Figura 24. Indicador de trayectoria de aproximación precisa (PAPI).....	27
Figura 25. Cajas de iluminación PAPI.	27
Figura 26. Serie de 8 y 15 antenas LOC, respectivamente.	28
Figura 27. Ubicación de la senda de planeo y área crítica.	29
Figura 28. Sistema de aterrizaje por instrumentos (ILS), localizador (LOC) y áreas críticas.	29
Figura 29. Antena de equipo de medición de distancia (DME).	31
Figura 30. Instalación de radiofaro omnidireccional de alta frecuencia (VOR) en ruta.	32
Figura 31. Instalación de VOR en terminal (TVOR).....	33

Figura 32. Instalación de TVOR.....	33
Figura 33. Espacios libres para TVOR.....	34
Figura 34. Instalación de radiofaro no direccional (NDB).....	34
Figura 35. Círculos segmentados y mangas de viento.....	35
Figura 36. Sensores de clima del sistema automatizado de observación de superficie (ASOS).....	35
Figura 37. Cámara de clima (WCAM).....	36
Figura 38. Poste con sensores de equipo de viento.....	36
Figura 39. Poste con sensores de Sistema de alerta de cortante del viento a bajo nivel (LLWAS).....	37
Figura 40. Aeropuerto Internacional La Aurora	56
Figura 41. Accidente aéreo Aeropuerto La Aurora vuelo chárter Cubana de Aviación 1216. Guatemala, 21 de diciembre 1999.....	57
Figura 42. Accidente aéreo Aeropuerto La Aurora vuelo 510 de TACA. Guatemala, 6 de abril de 1993.....	58
Figura 43. Aeropuerto Internacional Mundo Maya.....	64
Figura 44. Aeropuerto de Puerto Barrios, Izabal.....	64
Figura 45. Aeropuerto del Puerto de San José.....	65
Figura 46. Aeropuerto de Quetzaltenango.....	65
Figura 47. Aeropuerto de Retalhuleu	66
Figura 48. Ubicación de los principales aeropuertos de Guatemala	66
Figura 49. Principales áreas de zonas francas en Guatemala.....	68
Figura 50. Fases del proceso de la evaluación de impacto ambiental.....	71
Figura 51. Probabilidad de impactos ambientales	73
Figura 52. Mapa de topografía y relieve de sombreado de Guatemala.....	75
Figura 53. Carga aérea de exportación (cantidades en kilos)	80
Figura 54. Carga aérea de importación (Cantidades en kilos)	80
Figura 55. Carga aérea de exportación, alimentos (cantidades en kilos).....	81
Figura 56. Carga aérea de exportación, artículos (cantidades en kilos).....	81
Figura 57. Carga aérea de exportación, plantas y animales (cantidades en kilos).....	82
Figura 58. Exportaciones por sección - Comercio total año 2012 (cantidades en millones de \$US).....	84
Figura 59. Carga aérea - exportaciones 2013 (datos en % con respecto a la carga total en kilos).....	84
Figura 60. Aeropuerto Internacional El Dorado, Bogotá, Colombia	89
Figura 61. Aeropuerto Internacional Juan Santamaría, Costa Rica	90
Figura 62. Turismo receptor mundial por medio de transporte, 2012	93

Figura 63. Visitantes no residentes por vía en Guatemala (2012-2013).....	94
Figura 64. Diagrama de vectores del viento	109
Figura 65. Curva de calle de rodaje.....	115
Figura 66. Calle de salida rápida.	118
Figura 67. Superficie cónica.....	122
Figura 68. Superficie horizontal interna	122
Figura 69. Superficie de aproximación.....	123
Figura 70. Superficie de ascenso en el despegue.....	124
Figura 71. Superficie de ascenso en el despegue, horizontal interna, cónica y de aproximación....	124
Figura 72. Superficies limitadoras de obstáculos	125
Figura 73. Gráfica de desempeño del Boeing 757.....	131
Figura 74. Panorama de los vuelos actuales de Guatemala	138
Figura 75. Proyección de vuelos para Guatemala.....	139
Figura 76. Propuestas de ubicación de aeropuerto.	160
Figura 77. Mapa de vientos en Guatemala	163
Figura 78. Especificaciones de longitud de despegue del BOEING 747-100.	164
Figura 79. Especificaciones de longitud de aterrizaje del BOEING 747-100.	165
Figura 80. Ubicación propuesta en Escuintla, Escuintla.	166
Figura 81. Ubicación propuesta en Sanarate, El Progreso.....	168
Figura 82. Ubicación propuesta en Patzicía, Chimaltenango.	169
Figura 83. Ubicación propuesta en Barberena, Santa Rosa.....	171
Figura 84. Ubicación propuesta en Jalapa, Jalapa.	172
Figura 85. Diagrama de resumen de resultados	176
Figura 86. Diagrama de bloques propuesta inicial	180
Figura 87. Pista activa y pista de transición	181
Figura 88. Perfil Pista activa	182
Figura 89. Perfil Pista de transición.....	183
Figura 90. Distribución de red de drenajes	183
Figura 91. Detalle de drenajes pista activa	184
Figura 92. Detalle de drenajes pista de taxeo	184
Figura 93. Distribución hangares privados	185
Figura 94. Perfil pista hangares privados	186
Figura 95. Distribución edificio de estacionamientos Aeropuerto Internacional La Aurora	188

Figura 96. Dimensiones de los parqueos del Aeropuerto Internacional La Aurora	188
Figura 97. Dibujo esquemático de Torre de Control	189
Figura 98. Divergencia en superficies de aproximación y de ascenso en el despegue	201
Figura 99. Superficie cónica, horizontal interna, de aproximación y de ascenso en el despegue.	202
Figura 100. Sección de superficie cónica sectorizada	203
Figura 101. Superficies sectorizadas, aplica a aeródromos con número de clave 3 ó 4 y pistas con aproximaciones de precisión.....	204
Figura 102. Distribución de vientos de Guatemala correspondientes al período 1980 -2002	206
Figura 103. Geografía productiva de Guatemala, según carga aérea de exportación	208
Figura 104. Dimensiones correspondientes a aeródromos 4E, con pistas de vuelo por instrumentos para aproximaciones de precisión	216
Figura 105. Propuestas para la ubicación del nuevo aeropuerto.....	217
Figura 106. Superficies limitadoras de obstáculos en El Progreso	218
Figura 107. Superficies limitadoras de obstáculos en Escuintla.....	219
Figura 108. Superficies limitadoras de obstáculos en Chimaltenango	220
Figura 109. Superficies limitadoras de obstáculos en San Rosa.....	221
Figura 110. Superficies limitadoras de obstáculos en Jalapa.....	222
Figura 111. Infraestructura vial en El Progreso	223
Figura 112. Infraestructura vial en Escuintla.....	224
Figura 113. Infraestructura vial en Chimaltenango	225
Figura 114. Infraestructura vial en San Rosa.....	226
Figura 115. Infraestructura vial en Jalapa.....	227
Figura 116. Mapa topográfico del municipio de Escuintla.....	244
Figura 117. Mapa topográfico del municipio de Sanarate	245
Figura 118. Mapa topográfico del municipio de Barberena	246
Figura 119. Mapa topográfico del municipio de Jalapa.....	247
Figura 120. Mapa topográfico del municipio de Patzicía	248
Figura 121. Mapa de cobertura y uso de la tierra en el municipio de Escuintla	251
Figura 122. Mapa de capacidad de uso de la tierra en el municipio de Escuintla	254
Figura 123. Mapa de cobertura y uso de la tierra en el municipio de Sanarate	256
Figura 124. Mapa de capacidad de uso de la tierra en el municipio de Sanarate.....	257
Figura 125. Mapa de cobertura y uso de la tierra en el municipio de Barberena.....	260
Figura 126. Mapa de capacidad de uso de la tierra en el municipio de Barberena	261

Figura 127. Mapa de cobertura y uso de la tierra en el municipio de Patzicía	263
Figura 128. Mapa de capacidad de uso de la tierra en el municipio de Patzicía.....	264
Figura 129. Mapa de cobertura y uso de la tierra en el municipio de Jalapa	267
Figura 130. Mapa de capacidad de uso de la tierra en el municipio de Jalapa	268
Figura 131. Área de estudio (50 km de la ciudad).....	295
Figura 132. Capacidad del uso de la tierra en el departamento de Escuintla.....	296
Figura 133. Distribución de propiedades en Escuintla	296
Figura 134. Tipo de suelo en municipio de Escuintla.....	297
Figura 135. Rangos de temperatura del departamento de Escuintla	297
Figura 136. Rangos de precipitación promedio anual en el departamento de Escuintla	298
Figura 137. Rangos de pendientes en el departamento de Escuintla	298
Figura 138. Capacidad del uso de la tierra en el departamento de El Progreso	299
Figura 139. Distribución de propiedades en El Progreso	299
Figura 140. Tipo de suelo en municipio de Sanarate, El Progreso	299
Figura 141. Rangos de temperatura del departamento de El Progreso	300
Figura 142. Rangos de precipitación promedio anual en el departamento de El Progreso.....	300
Figura 143. Rangos de pendientes en el departamento de El Progreso	301
Figura 144. Capacidad del uso de la tierra en el departamento de Chimaltenango	301
Figura 145. Distribución de propiedades en Chimaltenango.....	302
Figura 146. Tipo de suelo en municipio de Patzicía, Chimaltenango.....	302
Figura 147. Rangos de temperatura del departamento de Chimaltenango	303
Figura 148. Rangos de precipitación promedio anual en el departamento de Chimaltenango	303
Figura 149. Rangos de pendientes en el departamento de Chimaltenango.....	304
Figura 150. Capacidad del uso de la tierra en el departamento de Jalapa.....	304
Figura 151. Distribución de propiedades en Jalapa	305
Figura 152. Rangos de temperatura del departamento de Jalapa.....	305
Figura 153. Rangos de precipitación promedio anual en el departamento de Jalapa.....	306
Figura 154. Rangos de pendientes en el departamento de Jalapa	306
Figura 155. Capacidad del uso de la tierra en el departamento de Santa Rosa.....	307
Figura 156. Distribución de propiedades en Santa Rosa	307
Figura 157. Tipo de suelo en municipio de Barberena, Santa Rosa	307
Figura 158. Rangos de temperatura del departamento de Santa Rosa	308
Figura 159. Rangos de precipitación promedio anual en el departamento de Santa Rosa.....	308

Figura 160. Rangos de pendientes en el departamento de Chimaltenango309

LISTA DE ACRÓNIMOS

Acrónimo	Español	Inglés
AAC	Categoría de Aproximación de Aeronaves	<i>Aircraft Approach Classification</i>
ADG	Grupo de Aeronave de Diseño	<i>Aircraft Design Group</i>
AGEXPORT	Asociación de Guatemala de Exportadores	
AGLA	Asociación Guatemalteca de Líneas Aéreas de Pasajeros	
AGRITRADE	Plataforma Agrícola de Acceso a Mercados	
ALS	Sistema de Luces de Aproximación	<i>Approach Lightning System</i>
ALSF	ALS con Secuencia de Luces	<i>ALS With Sequenced Flashing Lights</i>
ARW	Peso Real de Rampa	<i>Actual Ramp Weight</i>
ASALGE	Asociación de Almacenes Generales de Depósito	
ASDE	Equipo de Detección de la Superficie del Aeropuerto	<i>Airport Surface Detection System</i>
ASOS	Sistema Automatizado de Observación de Superficie	<i>Automated Surface Observing System</i>
ASR	Radar de Vigilancia del Aeropuerto	<i>Airport Surveillance Radar</i>
ATC	Control de Tránsito Aéreo	<i>Air Traffic Control</i>
ATCT	Torre de Control de Tránsito Aéreo	<i>Air Traffic Control Tower</i>
ATOW	Peso Real de Despegue	<i>Actual Take Off Weight</i>
AWOS	Sistema Automatizado de Observación de Clima	<i>Automated Weather Observing System</i>
AZFW	Peso Real sin Combustible	<i>Actual Zero Fuel Weight</i>
BEW	Peso Básico en Vacío	<i>Basic Empty Weight</i>
CCAD	Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo	
COGUANOR	Comisión Guatemalteca se Normas	
COMBEX-IM	Asociación para el Desarrollo Económico y Social de Puertos y Aeropuertos	
COMODES	Instituto se Estudios y Capacitación Cívica	
CONAP	Consejo Nacional de Áreas Protegidas	
DGAC	Dirección General de Aeronáutica Civil	
DIGER	Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos	
DME	Equipo de Medición de Distancia	<i>Distance Measuring Equipment</i>
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental	
EPA	Agencia de Protección del Medio Ambiente	<i>Enviromental Protection Agency</i>
ESCAT	Escuela de Formación y Capacitación Para El Desarrollo Territorial y Catastral	
FAA	Administración Federal de Aviación	<i>Federal Aviation Administration</i>
GNSS	Sistema Mundial de Navegación por Satélite	<i>Global Navigation Satellite System</i>

Acrónimo	Español	Inglés
GS	Senda de Planeo	<i>Glideslope</i>
HTTP	Protocolo de Transferencia de Hipertexto	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
IDE	Infraestructura de Datos Espaciales	
IGN	Instituto Geográfico Nacional de Guatemala	
ILS	Sistema de Aterrizaje por Instrumentos	<i>Instrument Landing System</i>
INE	Instituto Nacional de Estadísticas de Guatemala	
ITE	Instituto de Ingenieros de Transporte	
LDIN	Sistema de Luces de Entrada	<i>Lead-In Lighting System</i>
LLWAS	Sistema de Alerta de Cortante del Viento a Bajo Nivel	<i>Low Level Windshear Alert System</i>
LOC	Localizadores	<i>Localizers</i>
LW	Peso de Aterrizaje	<i>Landing Weight</i>
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación	
MALSF	ALS con Secuencia Intermitente de Intensidad Media	<i>ALS With Sequenced Flashing Lights</i>
MALSR	ALS de Intensidad Media Alineada a la Pista	<i>Medium Intensity ALS With Runway Alignment</i>
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales	
MBST	Microrráfaga, Corriente Descendiente Intensa	<i>Microburst</i>
MDA	Altitud Mínima de Descenso	<i>Minimum Descent Altitude</i>
MLS	Sistema de Aterrizaje por Microondas	<i>Microwave Landing System</i>
MLW	Peso Máximo de Aterrizaje	<i>Maximum Landing Weight</i>
MTOW	Peso Máximo de Despegue	<i>Maximum Take Off Weight</i>
MTW	Peso Máximo de Rampa	<i>Maximum Ramp Weight</i>
MZFW	Peso Máximo sin Combustible	<i>Maximum Zero Fuel Weight</i>
NAVAID	Ayudas de Navegación	<i>Navigation Aids</i>
NDB	Radiofaro no Direccional	<i>Non-Directional Beacon</i>
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional	
ODALS	Sistema de Luces de Aproximación Omnidireccional	<i>Omnidirectional Approach Lighting System</i>
OEA	Organización de los Estados Americanos	
OEW	Peso Operativo en Vacío	<i>Operating Empty Weight</i>
OFZ	Zona Despejada de Obstáculos	<i>Obstacle Free Zone</i>
OMS	Organización Mundial de la Salud	
ONG	Organización no Gubernamental	
ONU	Organización de las Naciones Unidas	
PAPI	Indicador de Trayectoria de Aproximación Precisa	<i>Precision Approach Path Indicator</i>
PINFOR	Plan de Incentivos Forestales	

Acrónimo	Español	Inglés
PL	Carga de Pago	<i>Pay Load</i>
PNUD	Procuraduría de las Naciones Unidas para el Desarrollo	
POT	Plan De Ordenamiento Territorial	
PRM	Monitor de Precisión de Pista	<i>Precision Runway Monitor</i>
RAC	Regulación de Aviación Civil	
RCO	Medio de Comunicación Remota	<i>Remote Communication Outlet</i>
REIL	Luces de Identificación del Final de la Pista	<i>Runway End Identifier Lights</i>
RIC	Registro de Información Catastral	
RMG	Radio Mínimo de Giro	
RSA	Área Segura de la Pista	<i>Runway Safety Area</i>
RTR	Transmisor-Receptor Remoto	<i>Remote Transmitter/Receiver</i>
RVR	Alcance Visual de la Pista	<i>Runway Visual Range</i>
RWSL	Luces de Estado de Pista	<i>Runway Status Lights</i>
SARP	Estándares y Prácticas Recomendadas	<i>Standards And Recommended Practices</i>
SAT	Superintendencia de Administración Tributaria	
SEGEPLAN	Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia	
SIECA	Secretaría de Integración Económica Centroamericana	
SIG	Sistemas de Información Geográfica	
SINIT	Sistema Nacional de Información Territorial	
SSAL	Sistema de Luces de Aproximación Corta Simplificada	<i>Simplified Short Approach Light System</i>
SSALF	Sistema de Luces de Aproximación Corta Simplificada con Secuencia de Luces Intermitentes	<i>Simplified Short Approach Light System With Sequenced Flashing Lights</i>
TACAN	Navegación Aérea Táctica	<i>Tactical Air Navigation</i>
TCH	Altura de Paso Sobre Umbral	<i>Threshold Crossing Height</i>
TDG	Grupo de Diseño de Pista de Taxeo	<i>Taxiway Design Group</i>
TOC	Límite de Altura	<i>Top Of Climb</i>
TOD	Límite de Descenso	<i>Top Of Descent</i>
TPDA	Tránsito Promedio Diario Anual	
TVOR	Radiofaro Omnidireccional VHF en Terminal	<i>Terminal Whf Omnidirectional Range</i>
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza	
VESTEX	Asociación de la Industria de Vestuario y Textiles	
VOR	Radiofaro Omnidireccional VHF	<i>VHF Omnidirectional Range</i>
WCAM	Cámara de Clima	<i>Weather Camera</i>
WEF	Equipo de Viento F-400	<i>Wind Equipment F-400</i>

RESUMEN

La siguiente investigación es un proyecto multidisciplinario de análisis de la situación actual de Guatemala en cuanto a su infraestructura aeroportuaria. En lo colectivo, es un proyecto en el cual se desea ayudar al país por medio de una investigación que lleve a la construcción de una serie de procedimientos metodológicos que agilicen y ayuden la toma de decisiones en cuanto a la viabilidad de varios aspectos en torno a la construcción de un nuevo aeropuerto internacional para Guatemala. En este se estudian y analizan una serie de parámetros que deben tomarse en cuenta antes de invertir y llevar a cabo un proyecto. Con ello, se busca ayudar a las personas encargadas de tomar decisiones en el país a buscar una solución en el polémico tema de la construcción de un nuevo aeropuerto internacional en Guatemala.

Se presentará una visión de desarrollo para Guatemala, traerá ideas innovadoras al país, así como también una gran fuente de trabajo. Con la finalización de este estudio se comprobarán las deficiencias actuales en el aeropuerto La Aurora y la necesidad de la construcción de un nuevo aeropuerto internacional que se adapte a todas las normativas requeridas a las que este se encontrará atendido.

Se analizarán diversas locaciones para la construcción del aeropuerto, considerando una serie de indicadores de suma importancia como por ejemplo vías de acceso, geografía y topografía de la región, clima, altura, entre otros; lo que llevará a conocer que locaciones presentan las mejores condiciones para llevar a cabo la construcción del nuevo aeropuerto internacional.

Esta investigación consiste en la elaboración de una metodología mediante la cual se evaluarán diferentes departamentos y municipios de Guatemala. Esta metodología mostrará diversos indicadores los cuales tendrán diferentes ponderaciones. Cada indicador está orientado en referencia a determinados temas, los cuales son: ambientales, turísticos, económicos, financieros, accesos terrestres y espacio aéreo.

Los aspectos ambientales, económicos, financieros, de diseño y turísticos serán los 5 pilares fundamentales para llevar a cabo el proyecto ya que se debe de tomar en cuenta cómo este nuevo aeropuerto afectará a Guatemala, lo que implica analizar el proyecto desde varios puntos de vista. El aspecto ambiental demostrará que no se le hará daño al ambiente, que la polución auditiva disminuirá en la ciudad capital y que también la contaminación visual. A su vez se demostrará que este proyecto será rentable para el país generando desarrollo y trabajo; con el aumento en el turismo generando más ingresos para el país, además este nuevo aeropuerto presentará todas las normativas de diseño y las mejoras necesarias en comparación al aeropuerto La Aurora para ser uno de los mejores aeropuertos de Latinoamérica.

ABSTRACT

The following is a multidisciplinary research which analyzes the current situation in Guatemala in terms of airport infrastructure. Collectively, it is a project that pursues to help the country through an investigation that will lead to the construction of a number of methodological procedures that streamline and assist decision making regarding the feasibility of various aspects surrounding building a new international airport in Guatemala. It will study and analyze a number of parameters that must be considered before investing and carrying out a project such as building a new international airport. By doing so, it seeks to help decision-takers for the solution to the contentious issue of building a new international airport in Guatemala.

Various potential locations for the construction of the airport will be analyzed, considering a number of important indicators such as access roads, geography and topography of the region, climate, and altitude, among others. After the analysis the methodology will indicate which locations have the best conditions to carry out the construction of a new international airport.

This research involves the development of a methodology whereby different departments and municipalities in Guatemala will be evaluated. This method displays several indicators which have different weights. Each indicator is oriented in reference to certain issues, which are: environmental, tourism, economic, financial, land access and airspace.

Environmental, economic, financial, design and tourism are the 5 fundamental pillars to carry out the project as it must take into account how this new airport will affect Guatemala. The environmental aspect will show that you will not hurt the environment, decrease the noise pollution in the capital city and also the visual pollution. In turn this project will prove to be profitable for the country's development and generating employment; with the increase in tourism generating more income for the country.

I. INTRODUCCIÓN

La demanda de pasajeros de los aeropuertos del mundo está en constante aumento y la aviación se ha convertido en uno de los medios de transporte más utilizados y económicos tomando en cuenta la relación distancia – tiempo. La construcción de un nuevo complejo aeroportuario que cumpla con los requisitos mínimos para ser un aeropuerto internacional de primera categoría requiere de una gran inversión y de un análisis muy detallado para la elección del sitio. Actualmente, Guatemala cuenta con una diversidad de aeropuertos en diferentes puntos del país pero únicamente dos de estos son considerados aeropuertos internacionales: el Aeropuerto Internacional Mundo Maya en Petén y el Aeropuerto Internacional La Aurora ubicado en la Ciudad Capital.

El antiguo edificio del Aeropuerto La Aurora fue inaugurado en 1,936, proporcionando a Guatemala un sitio en donde recibir y enviar mercaderías y pasajeros por vía aérea. Actualmente es la principal terminal aérea del país y recibe vuelos principalmente de Estados Unidos de América, Estados Unidos Mexicanos y Centro América. Este aeropuerto sirve, no únicamente a la Ciudad Capital, sino también al resto del país. Hoy en día este cuenta con diversas limitaciones, las cuales no permiten la prestación de los mejores servicios a las aerolíneas tanto comerciales como de carga.

El presente estudio es de importancia a nivel nacional, pues el tema del traslado o construcción de un nuevo aeropuerto internacional siempre ha sido una polémica para Guatemala. No se tiene claro las líneas de acción a tomar en el futuro, pues no se llega a un consenso en si es mejor dejarlo como está y donde está, o realizar una inversión para construir un nuevo y mejorado aeropuerto internacional. Que el Aeropuerto Internacional La Aurora esté situado cerca de los centros empresariales, comerciales, los edificios más altos y complejos residenciales más importantes del país es la razón por la que se puede afirmar que este está situado en un lugar ideal, pero al mismo tiempo, su ubicación ha sido causa de las limitaciones que tiene y que se ha quedado sin espacio para crecer.

Dentro de este proyecto se establecen diferentes indicadores, los cuales se han considerado como los más adecuados mediante los cuales se pueda hacer un análisis para tomar una decisión sobre las mejores opciones que se puedan tener para la construcción de un nuevo Aeropuerto Internacional para Guatemala. La finalidad del trabajo es demostrar la utilización de esta metodología con los criterios que deben ser evaluados en los temas ambientales, de diseño, turísticos, económicos, financieros, vías de acceso terrestres y espacio aéreo para poder comparar diferentes ubicaciones presentar diferentes propuestas en donde se pueda ubicar el mismo evaluando su situación.

II. JUSTIFICACIÓN

El presente estudio es de importancia a nivel nacional, pues el tema del traslado o construcción de un nuevo aeropuerto internacional siempre ha sido una polémica para Guatemala. No se tienen claras las líneas de acción a tomar en el futuro, pues no se llega a un consenso entre, si es mejor dejarlo como está y donde está, o realizar una inversión para construir un aeropuerto internacional nuevo y mejorado. Gracias a que el Aeropuerto Internacional La Aurora está situado cerca de los centros empresariales, comerciales, edificios más altos y complejos residenciales más importantes del país, hace que su ubicación sea peligrosa. Así mismo, se encuentra a una gran altura sobre el nivel del mar, lo que dificulta el despegue de aeronaves ya que su pista debe ser más larga por cuestiones de densidad del aire.

Por estas razones, el siguiente estudio tiene, entre sus metas, enfatizar en que la construcción de un nuevo aeropuerto puede ser la salida más eficaz para la solución de muchos problemas, en donde el primordial es la ubicación del principal aeropuerto internacional en Guatemala. Así mismo, se hace mucho énfasis en la importancia que tiene un aeropuerto en el turismo actual de un país, y el impacto tan positivo que un proyecto de esta índole tendría en Guatemala, pues por ser un país en vías de desarrollo, el buen manejo del turismo es una estrategia para el aumento de una economía en crecimiento.

La propuesta integral de dicho estudio, no es encontrar la mejor y única decisión acerca del tema del aeropuerto. La meta principal se enfoca en crear una metodología para que entidades con la capacidad y deber de tomar decisiones de esta índole, tengan un marco decisional en donde se evalúen las variables más importantes que forman parte de un proyecto como lo es la construcción de un nuevo aeropuerto. Con esta herramienta, se espera ayudar en la toma de decisiones futuras a tomar las mejores medidas en temas no exclusivamente de proyectos aeronáuticos, sino para cualquier tipo de construcciones futuras en el país.

III. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Definir los indicadores y criterios aceptables que deben cumplirse para llevar a cabo la construcción de una terminal aérea cerca de la ciudad de Guatemala.

B. Objetivos específicos

- Definir los indicadores y criterios aceptables que deben cumplirse para llevar a cabo la construcción de una terminal aérea cerca de la ciudad de Guatemala en relación al aspecto ambiental.
- Definir los indicadores y los criterios aceptables en el área turística y económica para el diseño de una nueva terminal aérea fuera de la ciudad de Guatemala, que pueda atender la demanda de pasajeros.
- Establecer indicadores y criterios financieros el para el diseño de una terminal aérea para la República de Guatemala.
- Establecer indicadores y criterios a evaluar en áreas propuestas para la construcción de un nuevo aeropuerto internacional para la República de Guatemala, desde el enfoque de la topografía de la región, geografía productiva y accesibilidad.
- Establecer los indicadores y criterios para el predimensionamiento de una terminal aérea para la República de Guatemala en el área técnica de diseño.

C. Objetivos específicos de subtemas

- Conocer los criterios ambientales requeridos que deben de tomarse en cuenta para la construcción de un aeropuerto.
- Mostrar las áreas protegidas dentro de Guatemala, así como su flora y fauna relevante que puedan impedir la construcción de un nuevo aeropuerto.
- Crear un cuadro con criterios ambientales ponderados para las posibles locaciones a tomar en cuenta.
- Conocer problemas ambientales existentes en las locaciones estudiadas y que otros problemas se pueden generar con la nueva construcción.
- Proponer medidas de mitigación para los problemas ambientales existentes y que puedan llegar a generarse con la construcción del aeropuerto.
- Identificar mercados existentes de turismo que entran y salen por vía aérea a Guatemala.
- Determinar posibles nuevas rutas aéreas a explotar.

- Determinar los indicadores económicos relacionados a la actividad turística más relevantes que brinden un panorama a gran escala de la situación económica/turística de Guatemala como país y que sirvan como una metodología base para el análisis de la construcción de un aeropuerto internacional fuera de la ciudad de Guatemala.
- Proponer cinco lugares que por su ubicación, serían los más adecuados para soportar la construcción de un nuevo aeropuerto fuera de la Ciudad de Guatemala.
- Presentar un cuadro comparativo de indicadores para cinco lugares en los cuales se tome como criterio principal de ponderación el sector turístico.
- Exponer la necesidad de la construcción de una nueva terminal aérea en la República de Guatemala.
- Evaluar el impacto económico que implica la construcción del aeropuerto en los diferentes departamentos propuestos.
- Definir las formas de financiamiento de los proyectos de gran magnitud en la República de Guatemala.
- Analizar los indicadores y criterios financieros para el diseño de una terminal aérea para la República de Guatemala.
- Proponer un método para el análisis de la topografía y su relación con las superficies limitadoras de obstáculos.
- Identificar los principales sectores productivos del país que generen carga aérea de exportación.
- Generar información resumida para el análisis de carreteras y determinar factores importantes para lograr una accesibilidad aceptable al sitio evaluado.
- Exponer la necesidad de la construcción de una nueva terminal aérea en la República de Guatemala.
- Determinar las bases necesarias para construir un aeropuerto internacional.
- Establecer las condiciones óptimas del lugar en donde se establecerá un aeropuerto internacional.
- Describir los indicadores que se deben tomar en cuenta al elegir el lugar ideal para la construcción de un aeropuerto internacional.
- Describir los indicadores que se deben tomar en cuenta para elegir el diseño arquitectónico y estructural de un aeropuerto internacional.
- Analizar los indicadores y criterios para el diseño de una terminal aérea para la República de Guatemala.

IV. MARCO TEÓRICO

A. El Aeropuerto

1. ¿Qué es un aeropuerto?. «Un aeropuerto agrupa el conjunto de instalaciones técnicas y comerciales que son necesarias para poner en funcionamiento, con óptimo rendimiento, los recursos de la aviación. Dichos recursos consisten en: pistas, torre de control, terminales de pasajeros y de carga, almacenamiento, hangares, y otros edificios de apoyo como: mantenimiento, electricidad, rescate, etc. Estas son estructuras indispensables en un centro en el que se aglutina el transporte aéreo de una ciudad o, en ocasiones, de toda una región». (Porrás, 2000)

2. Usos y funciones de un aeropuerto. «Considerando que la disposición de los diferentes sectores que componen un aeropuerto se halla sujeta a numerosas posibilidades de variación, su estructura reproduce generalmente un modelo básico. De él forman parte un área ocupada por las pistas, otra en la que se hallan las estaciones para pasajeros y mercancías, una zona anexa para tráfico, complejos industriales, y la torre de control». (Porrás, 2000)

«Las dimensiones y el número de pistas que deben formar parte de un aeropuerto se adecuan a criterios tales como: el volumen de tráfico que se prevé, el tamaño de los aparatos que frecuentan el centro, y las condiciones meteorológicas del lugar en el que se encuentran». (Porrás, 2000)

«Las pistas de despegue y aterrizaje, que deben diferenciarse de las de rodaje y circulación median las cuales los aviones acceden a los hangares y zonas industriales, cuentan con códigos de señalización: los diurnos están constituidos por postes cifrados, en tanto que los nocturnos hacen uso de las señales lumínicas. Unos y otros tienen por objeto poner de manifiesto la situación de los aparatos respecto a la pista». (Porrás, 2000)

«Las terminales de pasajeros disponen de zonas de servicio al público, las cuales cuentan con restaurantes, cafeterías, tiendas y demás; así como también áreas de acceso restringido, en las que se desarrollan las funciones técnicas, administrativas, operativas y de mantenimiento necesarias para el funcionamiento de la terminal». (Porrás, 2000)

3. Tipos de aeropuertos

a. Aeropuerto de primera categoría o internacional. Este es un aeropuerto designado por un país como puerto de entrada y de salida para un tráfico aéreo internacional. Su función principal es ser un medio de comunicación con el resto de países. Suele ser el más grande e importante de un país, aunque en muchos casos, como Estados Unidos por ejemplo, existen muchos aeropuertos internacionales. En el caso de Guatemala, el Aeropuerto Internacional La Aurora es el designado como de primera categoría. (Santiago, 2010)

b. Aeropuerto de segunda categoría. Este es un tipo de aeropuerto con menor capacidad al de primera categoría. Cuenta, así mismo, con servicios de comunicación con el resto del mundo, aunque a un nivel mucho menor. Este ejemplo se adaptaría en el caso de Guatemala al Aeropuerto Mundo Maya. Este posee comunicación con el exterior con México y el Caribe, aunque sus alcances son mucho más limitados en comparación con el Aeropuerto Internacional La Aurora. (Santiago, 2010)

c. Aeropuerto de tercera categoría. Este es un tipo de aeropuerto que es casi solo una pista de aterrizaje. Es utilizado para aterrizajes de emergencia o aprendizaje. Estos aeródromos carecen de los servicios con los que cuentan los otros dos tipos de aeropuerto mencionados antes. En ellos sólo se realizan aterrizajes eventuales. (Santiago, 2010)

Según la Dirección Guatemalteca de Aeronáutica Civil: La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), ha determinado una serie de claves de referencia a fin de planificar una pista de aviación según el tipo de aviones que puedan aterrizar en ella. En la tabla de códigos se utilizan las letras de la A hasta la E según la longitud de pista en relación al nivel del mar. Estas cifras se han calculado de acuerdo al ancho exterior de las ruedas del tren de aterrizaje que constituye el elemento 2 de la clave de referencia de la siguiente tabla:

Tabla 1. Códigos para elaboración de pista de aterrizaje

Elementos 1 de la clave		Elementos 2 de la clave		
Núm. de clave	Longitud de campo de referencia del avión	Letra de clave	Envergadura	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal ^a
1	Menos de 800 m	A	Hasta 15 m (exclusive)	Hasta 4.5 m (exclusive)
2	Desde 800 m hasta 1200 m (exclusive)	B	Desde 15 m hasta 24 m (exclusive)	Desde 4.5 m hasta 6 m (exclusive)
3	Desde 1200 m hasta 1800 m (exclusive)	C	Desde 24 m hasta 36 m (exclusive)	Desde 6 m hasta 9 m (exclusive)
4	Desde 1800 m en adelante	D	Desde 36 m hasta 52 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		E	Desde 52 m hasta 65 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		F	Desde 65 m hasta 80 m (exclusive)	Desde 14 m hasta 16 m (exclusive)
a. Distancia entre los bordes exteriores de las ruedas del tren de aterrizaje principal.				

Fuente: Organización de Aviación Civil Internacional, 2006

B. Componentes de un aeropuerto

1. Área de movimiento aeronáutico

a. Pistas. La pista es el elemento de transición entre la actividad aérea y la terrestre, en esta se realizan todos los despegues, aterrizajes y rodaje de las aeronaves. Las especificaciones de la pista están dadas en función del tipo de operación pista-aeropuerto y sus condiciones. Su trazo y longitud son de vital importancia ya que la ubicación de los demás elementos se ajustan a su medida. Según la definición de la OACI, la pista es un área rectangular dentro de un aeródromo terrestre que está diseñada para soportar el aterrizaje y el despegue de las aeronaves. (Organización de Aviación Civil Internacional, 2004)

1) Tipos de pistas. Según sus características y el uso que se les vaya a dar, las pistas se dividen en dos grandes grupos que son:

a) Pistas de aproximación sin instrumentos. Pista prevista para la operación de aeronaves que utilizan procedimientos de aproximación visual.

b) Pistas de aproximación por instrumentos. Este tipo de pistas se diseñan para ser utilizadas por aeronaves que utilizan procedimientos de aproximación por instrumentos y a su vez se dividen en cuatro tipos que dependen de la precisión que se requiera.

- Pista para aproximaciones sin precisión. Estas pistas cuentan con ayudas visuales y no visuales que brindan una guía direccional adecuada para la aproximación directa. Están destinadas a operaciones de aterrizaje que siguen operaciones de aproximación tipo A y una visibilidad mayor a 1000 m. Las operaciones de aproximación tipo A son aquellas que se realizan cuando se tiene una altitud mínima de descenso (MDA, por sus siglas en inglés) de 75 metros sobre el nivel de suelo.
- Pista para aproximaciones de precisión de Categoría I. Estas pistas cuentan con ayudas visuales y no visuales como Sistema de Aterrizaje por Instrumentos (ILS, por sus siglas en inglés) o Sistema de Aterrizaje por Microondas (MLS, por sus siglas en inglés). Están destinadas a operaciones de aterrizaje que siguen operaciones tipo B con una altura de decisión mayor a los 60 m y una visibilidad mayor a 800 m o con un alcance visual en la pista mayor a 550 . Las operaciones de aproximación tipo B son aquellas que se realizan cuando se tiene una MDA menor a 75 metros sobre el nivel del suelo.
- Pista para aproximaciones de precisión de Categoría II. Estas pistas cuentan con ayudas visuales y no visuales como ILS y MLS. Están destinadas a operaciones de aterrizaje que siguen operaciones tipo B con una altura de decisión entre los 30 y 60 m, y un alcance visual de la pista mayor a 300 m.
- Pista para aproximaciones de precisión de Categoría III. Estas pistas cuentan con ayudas visuales y no visuales como ILS o MLS hasta la superficie de la pista y a lo largo de la misma. Están destinadas a operaciones de aterrizaje que siguen operaciones de tipo B. Se subdividen en las siguientes:

- Destinada a operaciones con altura de decisión menor a 30 m o sin altura de decisión y un alcance visual de la pista mayor a 175 m.
- Destinada a operaciones con altura de decisión menor a 15 m o sin altura de decisión y un alcance visual de la pista entre 175 y 50 m.
- Destinada a operaciones sin altura de decisión y sin límite de alcance visual de la pista.

Tabla 2. Clasificación de pistas.

Pistas de vuelo por instrumentos	Pista para aproximaciones que no sean de precisión	Servida por ayudas visuales y una ayuda no visual que proporciona por lo menos guía direccional adecuada para la aproximación directa.	
	Pista para aproximaciones de precisión	Categoría I	Servida por ILS o MLS y por ayudas visuales destinadas a operaciones con una altura de decisión no inferior a 60 m (200 ft) y con una visibilidad de no menos de 800 m o con un alcance visual en la pista no inferior a 550 m.
		Categoría II	Servida por ILS o MLS y por ayudas visuales destinadas a operaciones con una altura de decisión inferior a 60 m (200 ft) pero no inferior a 30 m (100 ft) y con un alcance visual en la pista no inferior a 350 m.
		Categoría III	A - destinada a operaciones con una altura de decisión inferior a 30m (100ft), o sin altura de decisión y un alcance visual en la pista no inferior a 200m.
			B - destinada a operaciones con una altura de decisión inferior a 15m (50 ft), o sin altura de decisión, y un alcance visual en la pista inferior a 200 m pero no inferior a 50 m.
C - destinada a operaciones sin altura de decisión y sin restricciones de alcance visual en la pista.			
Pistas de vuelo visual	Destinada a las operaciones de aeronaves que utilicen procedimientos visuales para la aproximación.		

Fuente: Organización de Aviación Civil Internacional, 2006.
Elaboración propia.

b. Capacidad de pista. Según define la SIECA en su Plan Maestro de Transporte Aéreo y Aeropuertos Centroamericanos 2001-2010, la capacidad de una pista, se define de dos maneras:

1) Número de operaciones de aeronaves. Esto se mide durante un tiempo específico que corresponde a una demora promedio aceptable, conocida como capacidad práctica.

2) Número máximo de operaciones de aeronaves que una pista acomoda. Se mide durante un tiempo específico la demanda de servicio continua, capacidad última o de saturación.

Para ambos casos, la capacidad puede ser horaria o anual.

c. Calles de rodaje. Son las franjas de terreno destinadas en un aeródromo para que la aeronave de desplace después de salir de la pista luego de haber aterrizado, hasta su posición en plataforma y desde la plataforma hasta la cabecera de la pista para iniciar su despegue. El trayecto por las calles de rodaje debe ser sencillo para reducir el tiempo y costo. En las curvas necesarias, se debe estudiar un radio adecuado que permita girar a la aeronave a cierta velocidad. Las calles de rodaje pueden ser:

1) Calles de acceso al puesto de estacionamientos de aeronaves. Es la parte de una plataforma que proporciona acceso al área de estacionamientos de aeronaves.

2) Calle de rodaje en plataforma. Parte del sistema de calles de rodaje en la plataforma destinada a dar vía para el rodaje a través de la plataforma.

3) Calle de salida rápida. Calle de rodaje que se une a la pista en ángulo agudo y permite que los aviones que aterrizan viren con velocidades mayores que las que se logran en otras calles de rodaje de salida para que la pista esté ocupada el menor tiempo posible.

d. Plataformas. La plataforma es el área e instalaciones con que cuenta un aeropuerto para estacionar aeronaves. Es en la plataforma donde se realizan actividades como carga y descarga de pasajeros, carga y correo, abastecimiento de combustible, mantenimiento y estacionamiento a corto y largo plazo. (Federal Aviation Administration, 2014)

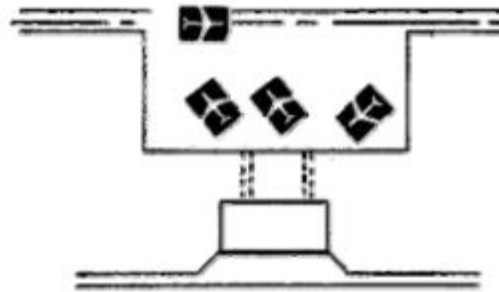
1) Plataforma terminal. Área destinada para realizar maniobras y estacionamiento de aeronaves, situada a un costado de las instalaciones de la terminal. Además de facilitar el movimiento de pasajeros, esta plataforma se utiliza para el abastecimiento de combustible y mantenimiento de aeronaves.

a) Plataforma de pasajeros. Estas plataformas se encuentran a un costado de la terminal de pasajeros y es el lugar donde los pasajeros abordan y desembarcan del avión.

b) Plataforma simple. Plataforma rectangular situada a un costado del edificio terminal. Es la ideal para aeropuertos con volúmenes pequeños de tráfico. Las aeronaves normalmente se estacionan en ángulo. Estas plataformas pueden ampliarse gradualmente, de acuerdo a la demanda.

Son las configuraciones más cómodas para los pasajeros ya que las distancias que tienen que caminar son cortas y tienen todos los servicios cerca.

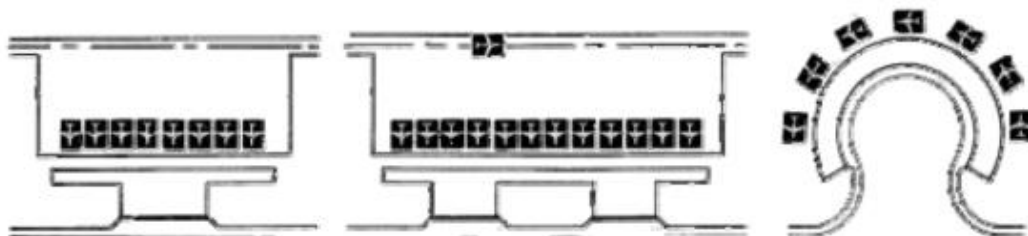
Figura 1. Plataforma simple.



Fuente: Juan Torres, 2014.

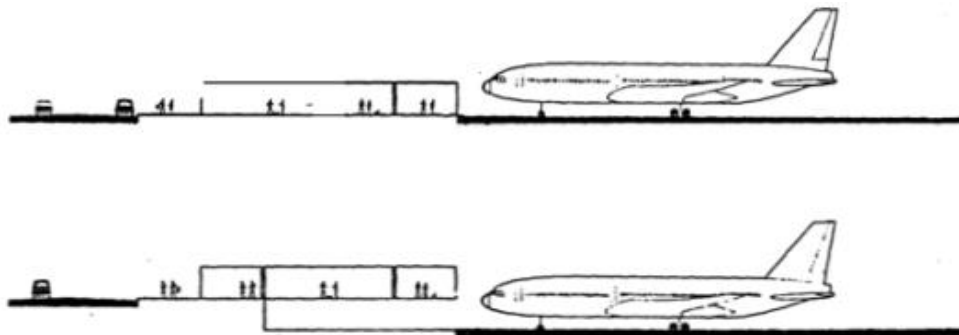
c) Plataforma lineal. Este concepto es una mejora a la configuración de la plataforma simple. Puede acomodar más aeronaves parqueadas lado a lado de frente al edificio terminal. En esta configuración es en la que los pasajeros tienen que caminar menos, es más fácil orientarlos y es mucho más fácil su construcción en comparación con otras configuraciones. Las desventajas de esta configuración es que se tienen que poner más servicios para los pasajeros a lo largo de toda la plataforma y los pasajeros deben caminar distancias más largas para hacer conexiones.

Figura 2. Plataforma lineal.



Fuente: Juan Torres, 2014.

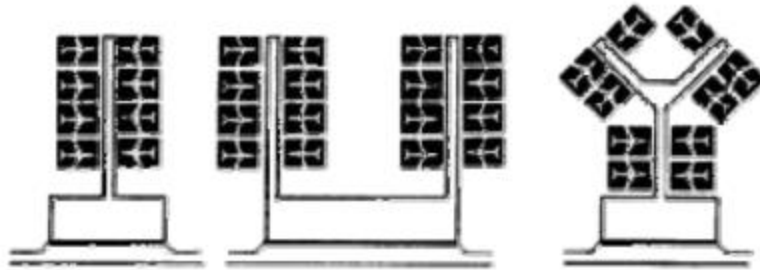
Figura 3. Concepto de plataforma lineal.



Fuente: Administración Federal de Aviación, 1988.

d) Plataforma finger/muelle. Configuración en la que las aeronaves pueden estacionarse a ambos lados del finger con varias puertas de abordaje. Permite que más aeronaves se conecten al edificio terminal. La desventaja es que están muy limitadas a expandirse en el futuro.

Figura 4. Plataforma finger.



Fuente: Juan Torres, 2014.

e) Plataforma satelital. Las plataformas se encuentran distantes de la terminal principal. Las aeronaves se estacionan alrededor de todo el edificio. Esta configuración, al igual que la configuración de finger, tiene centralizados los servicios para pasajeros, lo que hace que sea más fácil guiarlos. Las desventajas de esta configuración es que se necesita un alto capital para mantenimiento y costos de operación, además de que tienen capacidad limitada de expansión.

Figura 5. Plataforma satelital.

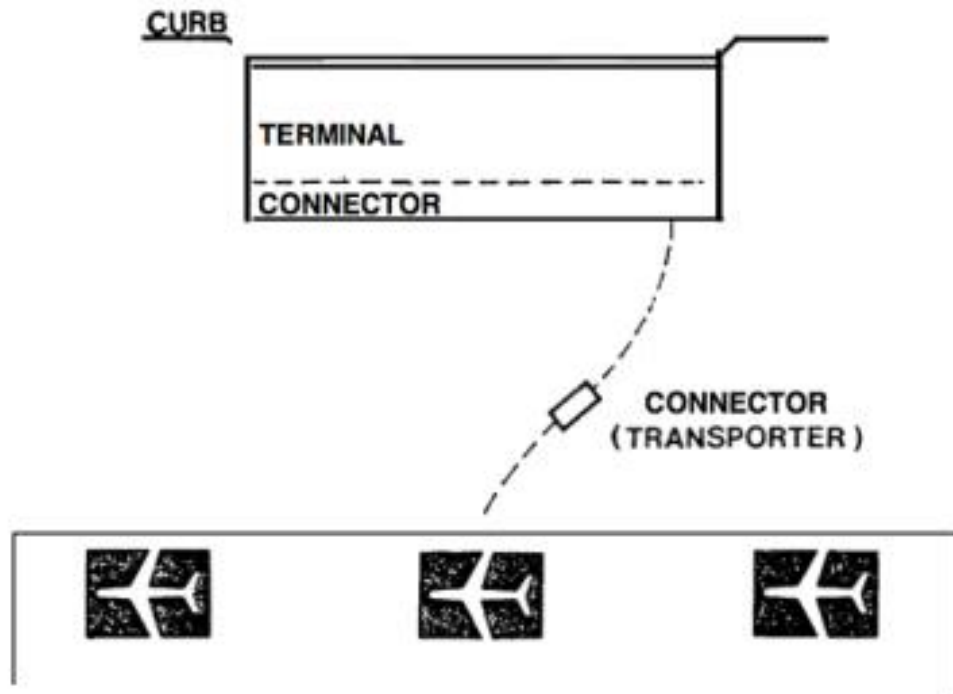


Fuente: Juan Torres, 2014.

f) Plataforma transportadora. En esta configuración, los servicios de las aeronaves se encuentran lejos de la terminal. La conexión con la terminal se da a través de transporte vehicular. La ventaja de esta configuración es que es muy flexible para acomodar más puestos de estacionamiento de

aeronaves. La principal desventaja es el elevado costo inicial, de operación y de mantenimiento de los vehículos transportadores.

Figura 6. Plataforma transportadora.



Fuente: Administración Federal de Aviación, 1988.

Además, las configuraciones antes descritas se pueden combinar a medida que crece la demanda de pasajeros.

2) Plataforma de carga. Es donde las aeronaves que únicamente transportan carga y correo y se encuentra junto al edificio terminal de carga.

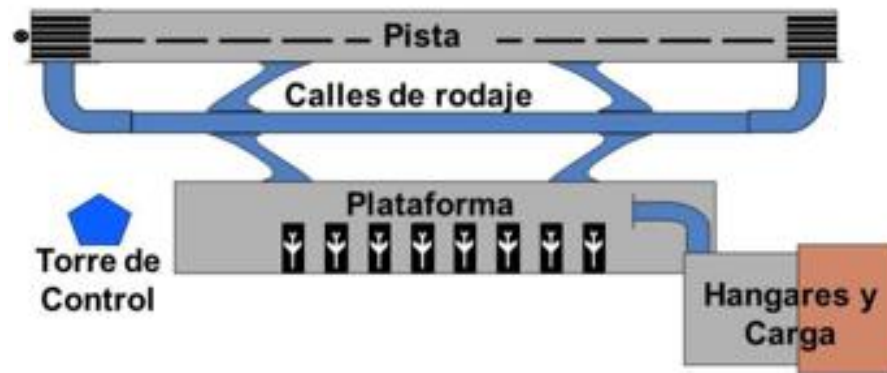
3) Plataforma de estacionamiento. Estas plataformas se pueden utilizar para estacionar las aeronaves por un largo tiempo cuando se les efectúa un servicio o mantenimiento o ya sea las que se encuentran temporalmente fuera de servicio.

4) Plataforma de servicio de hangares. Estas plataformas son áreas descubiertas colindantes a los hangares en donde puede efectuarse mantenimiento a las aeronaves.

5) Plataforma para la aviación general. Son utilizadas para vuelos de negocios o personales, atienden a distintas actividades de la aviación.

6) Plataforma temporal. Son utilizadas por los vuelos que se encuentran temporalmente en ese lugar, para acceso a las zonas de combustible, servicios de aeronaves o transporte terrestre.

Figura 7. Composición del lado aire y torre de control



Fuente: OACI, 2010

2. Zona terrestre

a. Edificio terminal. La terminal de pasajeros, como su nombre lo dice, son las instalaciones que se utilizan para toda actividad relacionada con la transferencia de los pasajeros y el equipaje desde el punto en donde se realiza el intercambio del transporte terrestre.

Los siguientes elementos forman el edificio terminal principal:

- 1) Lobby, áreas públicas previstas para la circulación de pasajeros, servicios y salas de espera.
- 2) Áreas de mostradores/oficinas de boletos aéreos, áreas necesarias para realizar transacciones de tickets, chequeo de equipaje, información de vuelos y apoyo administrativo.
- 3) Áreas de circulación pública, áreas para circulación general que incluye gradas, escaleras eléctricas, elevadores y corredores.
- 4) Servicios de terminal, instalaciones, tanto públicas como no públicas, que proporcionan servicios relacionados con las operaciones de vuelo de aeronaves. Estas instalaciones pueden ser baños, restaurantes, áreas de preparación y almacenamiento de alimentos, muelles de servicio de camiones y almacenamiento de objetos diversos.
- 5) Instalaciones para equipaje de salida, área no pública utilizada para organizar equipaje para vuelos de salida.
- 6) Instalaciones para equipaje interlínea, área no pública utilizada para organizar equipaje y transferirlo de un vuelo a otro.
- 7) Instalaciones para equipaje de entrada, área no pública utilizada para recibir equipaje de un vuelo de llegada y áreas públicas para que los pasajeros que llegar recojan su equipaje.
- 8) Servicios de inspección, punto de control para la inspección de pasajeros que llegan en vuelos internacionales.
- 9) Servicios y administración del aeropuerto, áreas destinadas a la administración, operaciones y funciones de mantenimiento del aeropuerto.

b. Edificio de Estacionamientos. En la actualidad, es necesario que en toda edificación exista un estacionamiento, de este modo cualquier usuario que utilice el aeropuerto tiene un lugar donde dejar su vehículo. Además las empresas que rentan vehículos en los aeropuertos pueden utilizarlo para almacenar los vehículos que no se encuentren rentados en ese momento.

c. Vialidades. Son todos los caminos de acceso y de vialidades internas y externas que requieren los aeropuertos para intercomunicarse. Esto comprende a las vías de acceso desde la carretera principal, los accesos internos de los aeropuertos y las estructuras para que las intersecciones sean lo más eficientes posible.

3. Instalaciones complementarias de los aeropuertos

a. Hangares. Los hangares tienden a cumplir dos funciones, primero que nada, son instalaciones destinadas a proporcionar un sitio en donde las aeronaves puedan permanecer por determinada cantidad de tiempo y además, que en este sitio se le puedan realizar diferentes tipos de revisiones ya sean preventivas o correctivas.

b. Zona de combustibles. En todo aeropuerto debe existir un área donde puedan almacenarse los diferentes combustibles que utilizan las aeronaves. Este sitio es responsabilidad de una compañía acreditada internacionalmente, la cual abastece de combustible a todas las aeronaves que se encuentran en el aeropuerto.

c. Cuerpo de rescate y extinción de incendios (CREI). Tiene el objetivo de salvar vidas en caso de accidentes de aviación ya sea en el aterrizaje, despegue, rodaje o estacionamiento de las aeronaves. El CREI debe estar organizado, equipado y dotado por personal necesario para cumplir sus funciones. Se recomienda que se encuentre entre las mismas instalaciones del aeropuerto para tener un tiempo rápido de respuesta.

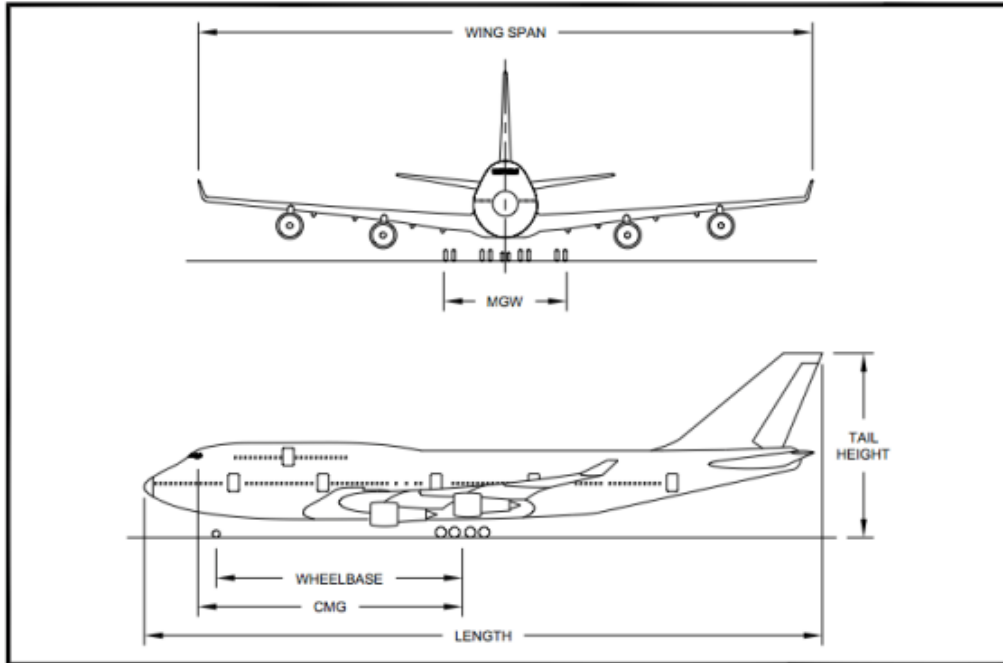
d. Torre de control. Es un servicio del aeropuerto que controla el tránsito aéreo de todas las aeronaves que se encuentran volando en sus inmediaciones y las que se encuentren en las pistas y calles de rodaje. Esta se encarga de regular el tránsito de aeronaves, vehículos y personas en los aeropuertos para evitar colisiones.

4. Aeronaves. Se conocen como aeronaves a todas las máquinas que son capaces de navegar en la atmósfera por reacciones del aire aparte de las reacciones del aire con la superficie terrestre.

Las características físicas de una aeronave están directamente relacionadas con el diseño de un aeropuerto, su desarrollo y su operación. Tienen incidencia en aspectos de diseño como pistas, calles de rodaje, rampas, plataformas, áreas de servicio, puertas y áreas de seguridad. Es fundamental que se tomen en cuenta estas características al momento de diseñar un nuevo aeropuerto, tanto para optimizar áreas de utilización y servicio, como para tomar en cuenta futuros crecimientos en el tráfico aéreo e infraestructura cercana al aeropuerto.

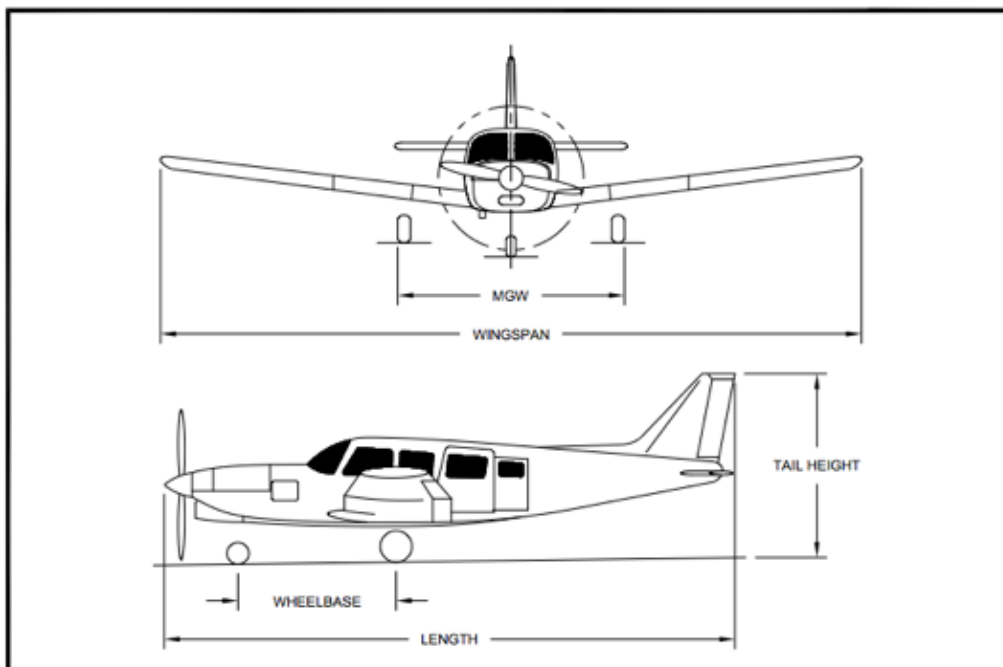
a. Dimensiones. Es de suma importancia, conocer todas las características de las aeronaves tanto en tierra como al momento de despegue y aterrizaje. Las dimensiones que se deben conocer de toda aeronave son las que se presentan en el siguiente diagrama que utiliza la Organización de Aviación Civil Internacional.

Figura 8. Dimensiones típicas de aeronaves de gran envergadura.



Fuente: Administración Federal de Aviación, 2012.

Figura 9. Dimensiones típicas de aeronaves de pequeña envergadura.



Fuente: Administración Federal de Aviación, 2012.

b. Pesos. Otro tema que se debe tomar muy en cuenta al momento de diseñar un aeropuerto es el peso de la aeronave en las diferentes etapas de vuelo y sus velocidades de operación.

Es importante tomar en cuenta el peso del combustible, el cual depende del vuelo. Se estudia una planificación simplificada y mediante iteración se puede conseguir una planificación más detallada. (Rivas & Vázquez Valenzuela, 2013)

- Pesos máximos operativos:
 - Peso máximo de rampa (MTW, Maximum Ramp Weight).
 - Peso máximo de despegue (MTOW, Maximum Take Off Weight).
 - Peso máximo sin combustible (MZFW, Maximum Zero Fuel Weight).
 - Peso máximo de aterrizaje (MLW, Maximum Landing Weight).

- Pesos operativos:
 - Peso real de rampa (ARW, Actual Ramp Weight).
 - Peso real de despegue (ATOW, Actual Take Off Weight).
 - Peso real sin combustible (AZFW, Actual Zero Fuel Weight).
 - Peso operativo en vacío (OEW, Operating Empty Weight).
 - Peso básico en vacío (BEW, Basic Empty Weight).
 - Peso de aterrizaje (LW, Landing Weight).
 - Carga de pago (PL, Pay Load).

Existe normativa que indica que no se iniciará ningún vuelo si la aeronave no lleva suficiente combustible para completar el vuelo con seguridad. El total del combustible cargado (combustible de rampa) resulta ser la suma de tres etapas por las que pasará todo vuelo que son:

1) Rodaje o taxeo. Combustible suficiente para hacer maniobras en tierra desde la puesta en marcha hasta el momento de soltar los frenos en carrera de despegue. Es una cantidad fija que depende del tipo de aeronave y de las condiciones del aeropuerto de salida.

2) Vuelo. Combustible necesario para volar del aeropuerto de salida al de destino planificado, que depende de las condiciones operativas previstas. Comprende todas las fases de vuelo:

- Despegue.
- Subida.
- Crucero.
- Descenso.
- Aproximación.
- Aterrizaje.

3) Reserva. Combustible cargado para proceder al alternativo y espera y para contingencias de ruta.

- Alternativo, combustible que se utiliza para volar a un aeropuerto alternativo. Comprende las mismas fases que la etapa de vuelo.
- Espera, combustible mínimo para volar durante 30 minutos a 1500 ft sobre el nivel de suelo.
- Contingencias en ruta, combustible necesario para compensar el exceso de consumo cuando las condiciones operativas de vuelo son distintas a las previstas.

El peso de la aeronave y el viento influyen en el cálculo de la carga de combustible, así como en el cálculo del Límite de altura (TOC, por sus siglas en inglés) y el Límite de descenso (TOD, por sus siglas en inglés). Relaciones entre pesos operativos:

- $ARW = ATOW + \text{Taxeo}$
- $ATOW = AZFW + (\text{Vuelo} + \text{Reserva})$
- $AZFW = OEW + PL$
- $OEW = BEW + (\text{Tripulación} + \text{Catering})$
- $LW = ATOW - (\text{Vuelo})$

5. Ayudas de navegación (NAVAID) e instalaciones de control de tránsito aéreo (ATC). Existen ayudas de navegación (NAVAID, por sus siglas en inglés) visuales y basadas en instrumentos dependiendo del tipo de aeronave que se pilotee y de la pista de donde se pretenda despegar o a donde se pretenda aterrizar. Las instalaciones de control de tránsito aéreo (ATC, por sus siglas en inglés) se utilizan para asistir a los pilotos durante las operaciones de despegue y aterrizaje, y para guiarlos de forma segura hasta la terminal, a la zona de toma de contacto o movimientos en suelo sobre pistas y calles de rodaje. (Federal Aviation Administration, 2012)

A continuación se detallan las NAVAID más comunes que la Administración Federal de Aviación describe en su informe Diseño de Aeropuertos (AC 150/5300-13A):

a. Torre de Control de tránsito aéreo (ATCT). Infraestructura que utiliza comunicación terrestre y aérea y otros sistemas de control de tránsito aéreo para dar servicios de tránsito en el aeropuerto y a sus alrededores. Esta torre debe estar cerca de la pista activa para darle a los controladores aéreos buena visibilidad de la superficie del área de movimiento y áreas de despegue y aterrizaje.

b. Transmisor-receptor remoto (RTR) y medio de comunicación remota (RCO). Sistemas de comunicación entre el aire y el suelo que tiene transmisores y/o receptores y otros equipos secundarios que prestan servicios a la terminal. Los RCO se utilizan usualmente en aeropuertos que no cuentan con torre de control y en algunas ocasiones se localiza fuera del aeropuerto.

Figura 10. Instalaciones de comunicación de Transmisor-receptor remoto (RTR)



Fuente: Administración Federal de Aviación, 2012.

c. Radar de vigilancia del aeropuerto (ASR). Es utilizado para detectar el acimut, alcance y elevación de una aeronave que navega en el espacio aéreo sobre la terminal. Las antenas de ASR logran escanear los 360 grados para presentarle al controlador aéreo la ubicación de todas las aeronaves que se encuentren a 60 millas náuticas¹ del aeropuerto. Las antenas de este radar deben estar por lo menos a 457 m de cualquier edificio u objeto que pudiera causar reflexión de la señal y por lo menos a 800 m de otro equipo electrónico; los rangos de altura van desde 5 hasta 23.5 m sobre el nivel del suelo y se le agregan secciones de 3 m hasta alcanzar la altura deseada. La torre de la antena es una estructura de acero galvanizado estándar de 7 m x 7 m.

Figura 11. Radar de vigilancia del aeropuerto (ASR). Torre de 5 m de altura.



Fuente: Administración Federal de Aviación, 2012.

¹ Medida de longitud usada especialmente en la navegación, equivalente a 1852m. (Real Academia Española, 2001)

d. Monitor de precisión de pista (PRM). Es un radar secundario de barrido electrónico que monitoriza aproximaciones por instrumentos cercanas, paralelas y simultáneas. Este sistema permite que los controladores aéreos monitoricen aproximaciones de aeronaves en pistas paralelas con un espacio menor a 1,311 metros de distancia. Generalmente, los PRM se localizan próximos a una de las pistas paralelas.

e. Equipo de detección de la superficie del aeropuerto (ASDE). Compensa la pérdida de visión de la superficie del aeropuerto que observa el controlador aéreo y durante períodos de baja visibilidad. La detección de equipo está especialmente diseñada para observar los objetos principales que podrían encontrarse en la superficie del aeropuerto que son aeronaves y tráfico vehicular. Consiste en varios transmisores y receptores ubicados cerca de las pistas y calles de rodaje, incluyendo techos de terminales y hangares. La ubicación ideal de la antena o radar del ASDE es en el techo de la torre de control de tránsito aéreo, sin embargo, se puede colocar una antena independiente de 30 m de altura, localizada a 1829 m de la torre de control de tránsito aéreo.

Figura 12. Monitor de precisión de pista.



Fuente: Administración Federal de Aviación, 2012.

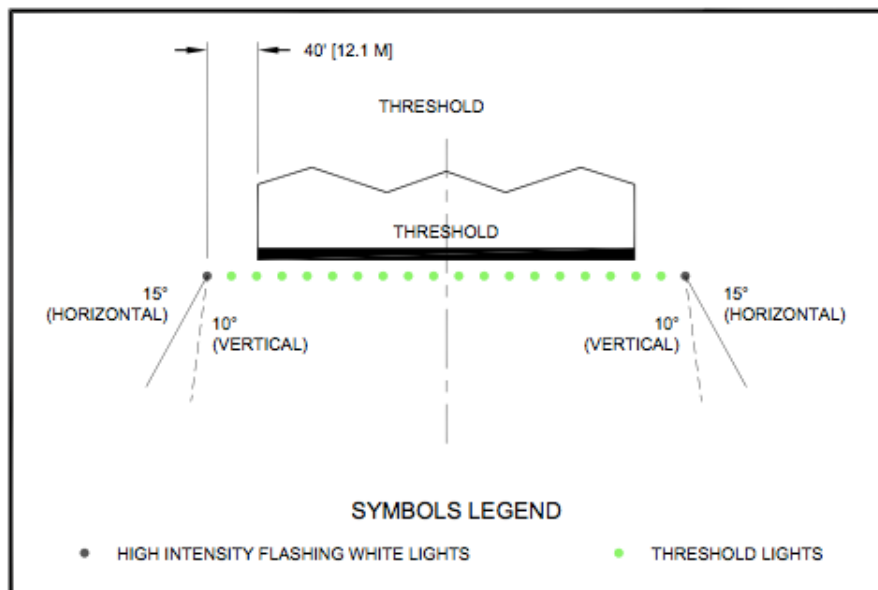
f. Luces de identificación del final de la pista (REIL). Es una luz blanca intermitente de alta intensidad que se instala a cada esquina de aproximación de una pista. Las luces se dirigen hacia las zonas de aproximación, lo que permite que el piloto identifique el umbral de la pista. Estas luces son dos luces intermitentes sincronizadas, ya sea unidireccionales u omnidireccionales (360°), una de cada lado del umbral de la pista. Sirve básicamente para dar una identificación rápida y positiva del final de la pista. Son muy utilizadas cuando predominan luces ajenas al aeropuerto o hay muy poco contraste entre la pista y el terreno aledaño. Usualmente se utilizan en aeropuertos que no cuentan con torre de control y se activan a través de una frecuencia de radio que el piloto conoce.

Figura 13. REIL.



Fuente: Administración Federal de Aviación, 2012.

Figura 14. Luces de identificación de final de pista (REIL).



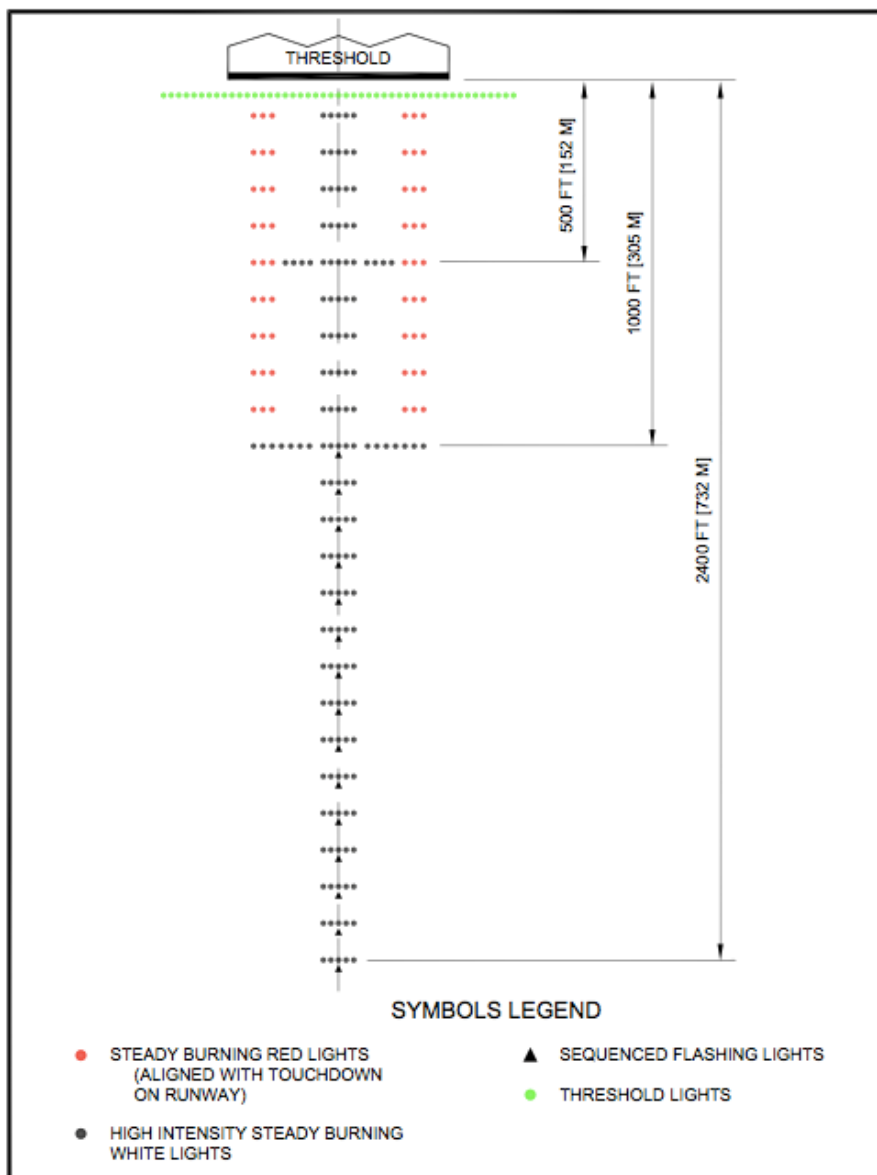
Fuente: Administración Federal de Aviación, 2012.

g. Sistema de luces de aproximación (ALS). Son configuraciones de luces posicionadas simétricamente a lo largo de la prolongación del eje de la pista. Empiezan en el umbral de la pista y se extienden hacia el punto de aproximación. La luz de aproximación generalmente la ajusta el controlador de tránsito aéreo, aunque puede ser controlada por el operador del aeropuerto o por un piloto a través de un radio de alta frecuencia. Los ALS cuentan con Barra de Decisión, que se localiza a 305 m del umbral y sirve como un horizonte visible que sirve para cambiar de un vuelo por instrumentos a uno visual. Existen diferentes configuraciones que se adaptan a diferentes requerimientos de aproximaciones con y sin precisión.

1) ALS con secuencia de luces (ALSF), de secuencia intermitente I (ALSF-I) o de secuencia intermitente II (ALSF-2). ALS de alta intensidad de 732 m con estaciones de luz a cada 30 m. Son requerimiento de aproximaciones de precisión Categoría II y Categoría III (ver Figura 15).

2) ALS de intensidad media alineada a la pista (MALSR). ALS de 732 m con estaciones de luz a cada 60 m. Es un ALS económico, que puede utilizarse para aproximaciones de precisión Categoría I (ver Figura 16 y Figura 17).

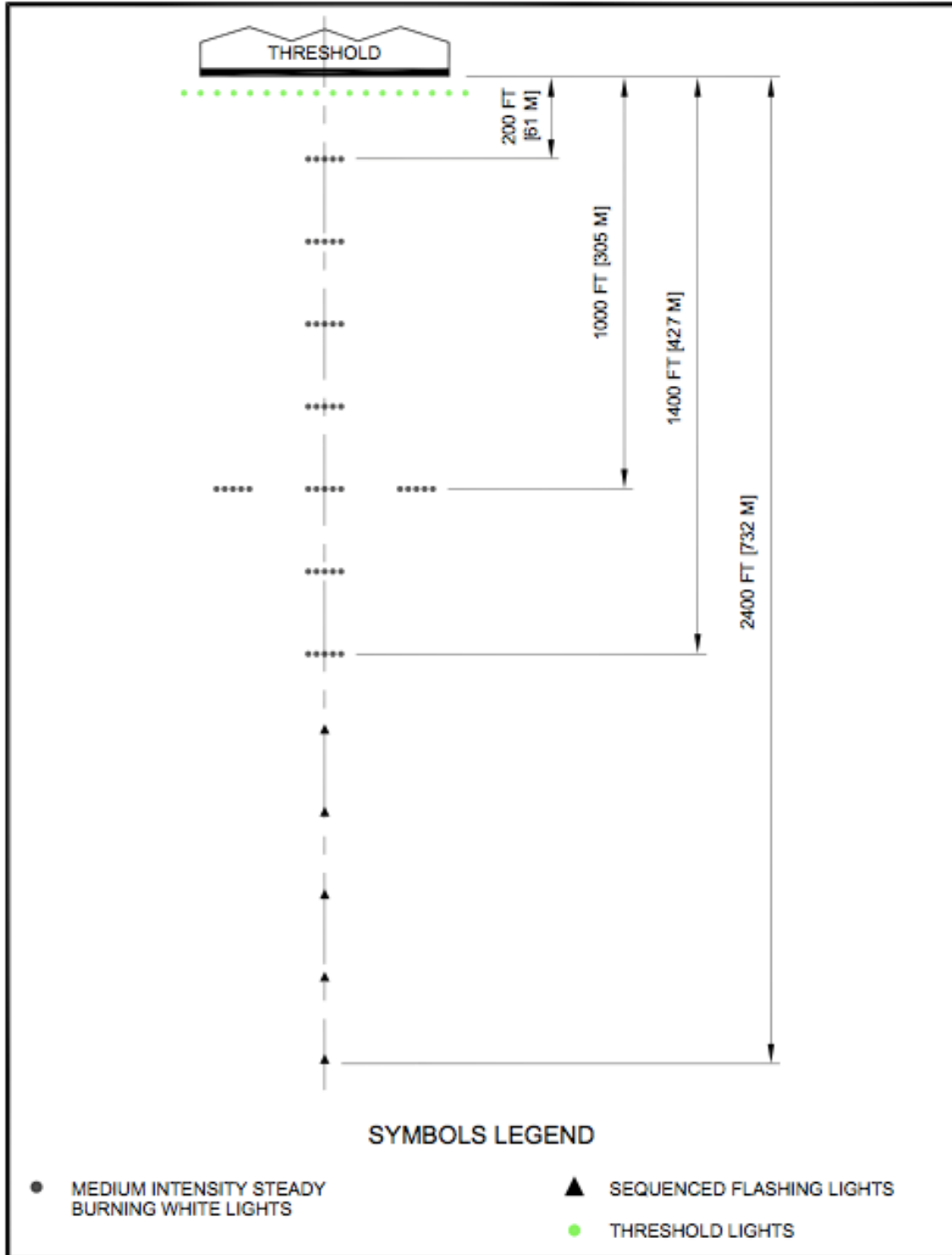
Figura 15. Sistema de luces de aproximación (ALS) con secuencia intermitente II (ALSF-2)²



Fuente: Administración Federal de Aviación, 2012.

² *Threshold*, umbral de la pista.

Figura 16. Sistema de luz de aproximación de mediana intensidad (MALS) con luces indicadores de alineamiento de pista (MALSRL)



Fuente: Administración Federal de Aviación, 2012.

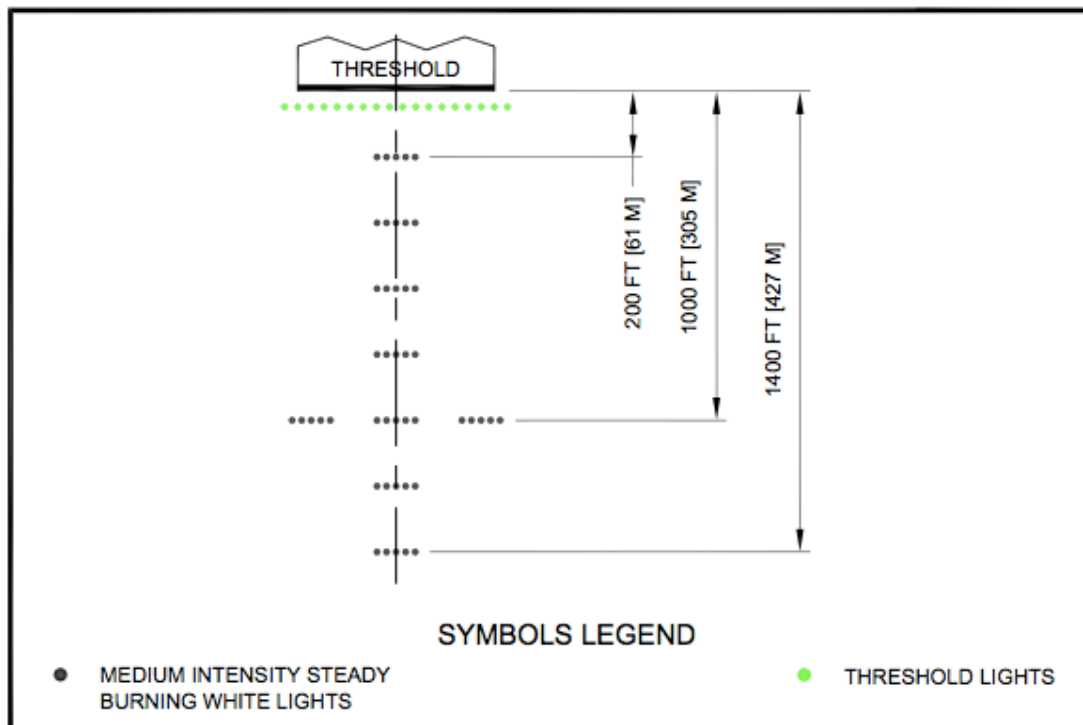
Figura 17. Infraestructura para MALSR



Fuente: Administración Federal de Aviación, 2012.

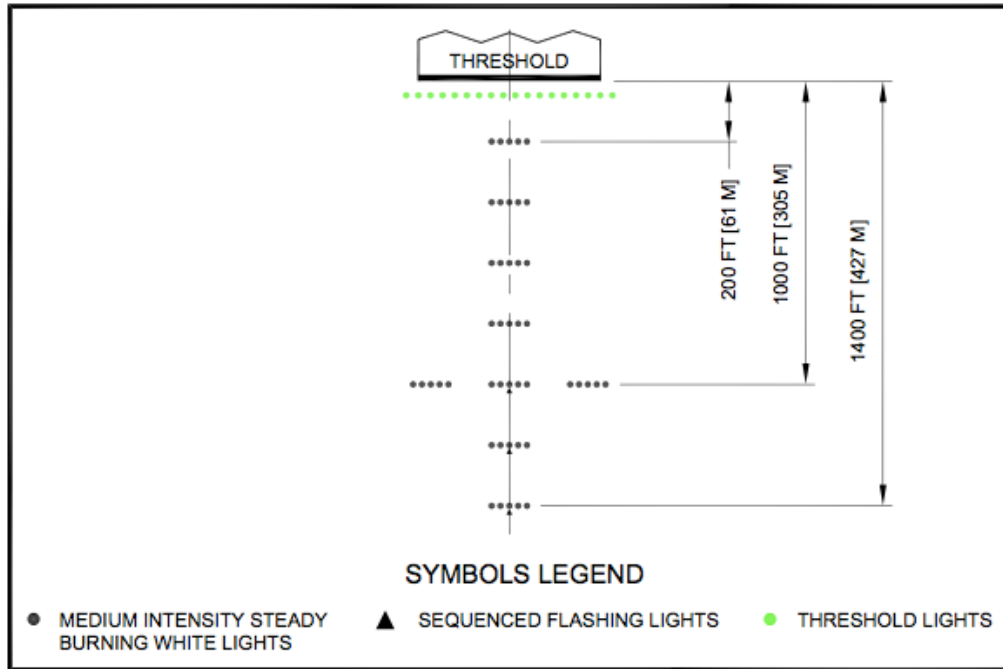
3) ALS de intensidad media (MALS) o ALS con secuencia intermitente de intensidad media (MALSF). ALS de media intensidad de 427 m con estaciones de luz a cada 60 m. Este sistema mejora las aproximaciones sin precisión y las visuales nocturnas. El MALSF cuenta con secuencias de luces intermitentes en las tres estaciones exteriores. También existen estos sistemas con intensidad alta y se llaman Sistema de luces de aproximación corta simplificada (SSAL) y Sistema de luces de aproximación corta simplificada con secuencia de luces intermitentes (SSALF).

Figura 18. MALS



Fuente: Administración Federal de Aviación, 2012.

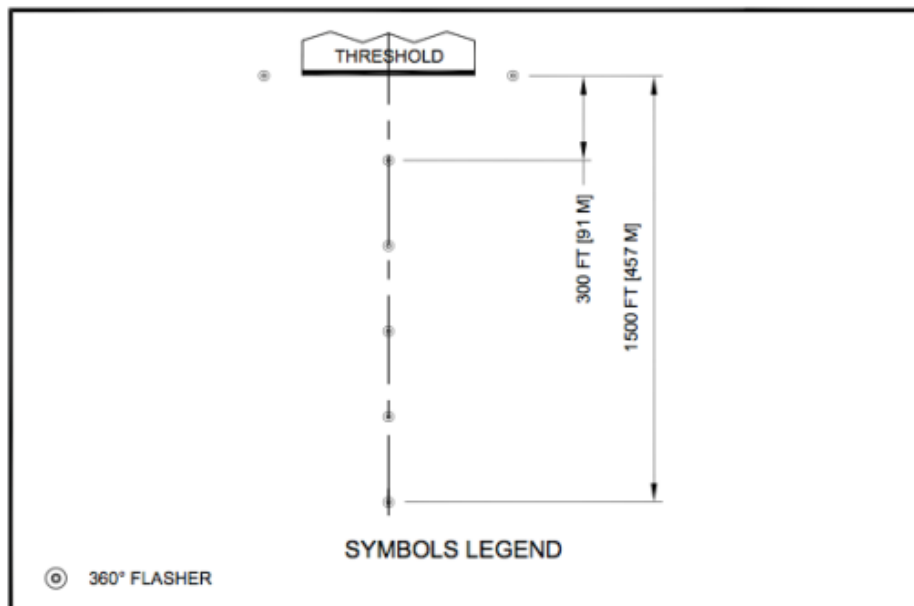
Figura 19. MALS con secuencia intermitente (MALSF)



Fuente: Administración Federal de Aviación, 2012.

4) Sistema de luces de aproximación omnidireccional (ODALS). Cuenta con siete estaciones de luces intermitentes que destellan a 360° y se extienden hasta 460 m desde el umbral de la pista. Dos de estas luces se ubican a los lados del umbral de la pista para que sirvan como Luces de identificación del final de la pista (REIL).

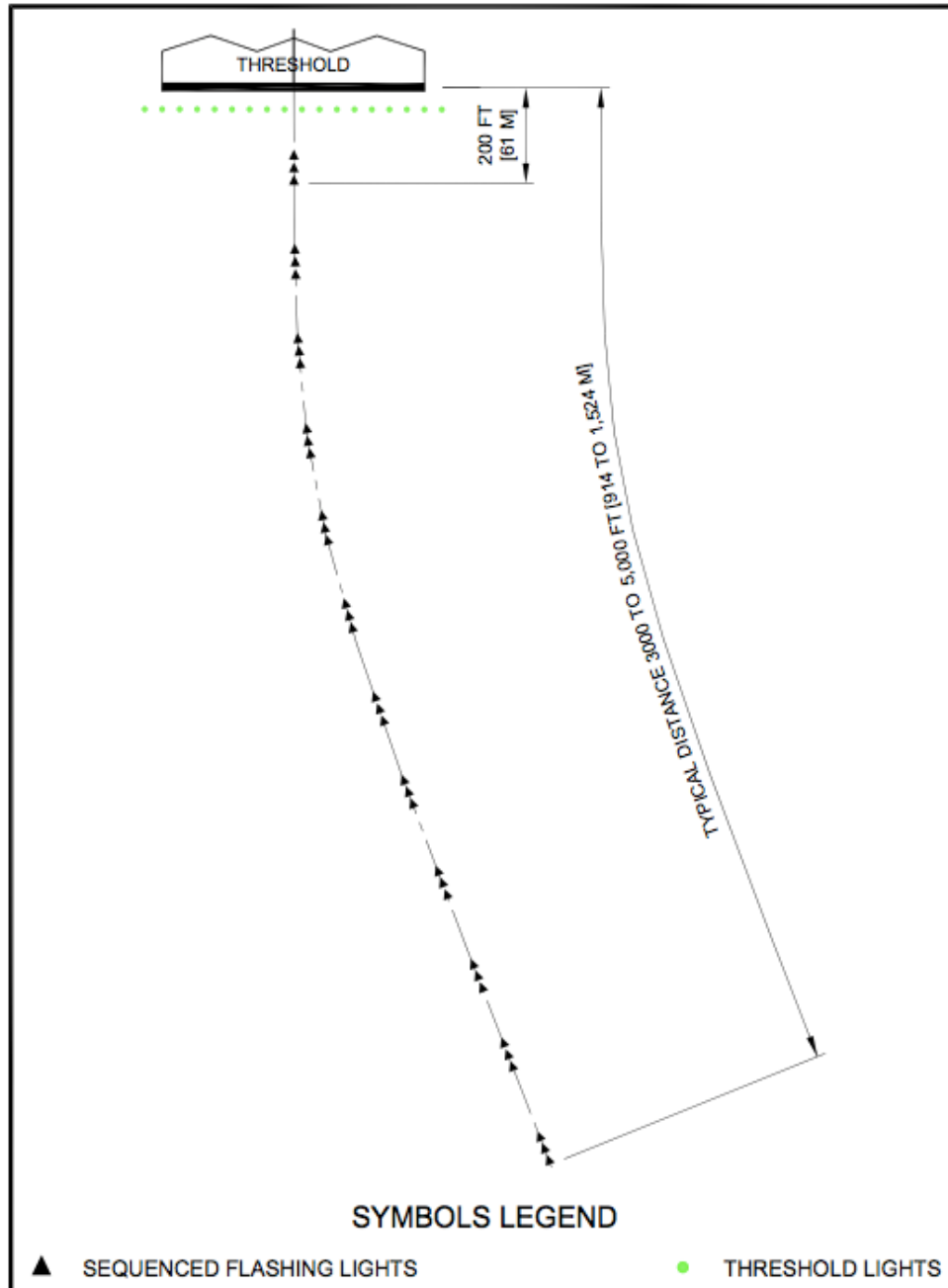
Figura 20. Sistema de luces de aproximación omnidireccional. (ODALS).



Fuente: Administración Federal de Aviación, 2012.

h. Sistema de luces de entrada (LDIN). Consiste de por lo menos tres luces intermitentes instaladas a nivel de suelo para definir el curso deseado hacia un ALS o al umbral de la pista. Cada instalación de LDIN es única debido a que se diseña dependiendo a los problemas específicos de cada pista como terrenos peligrosos, obstrucciones, áreas sensitivas al ruido, etc. Los sistemas LDIN pueden ser curvos, rectos o la combinación de ambos. Generalmente las luces se sitúan espaciadas a intervalos de aproximadamente 915 metros.

Figura 21. Sistema de luces de entrada (LDIN).



Fuente: Administración Federal de Aviación, 2012.

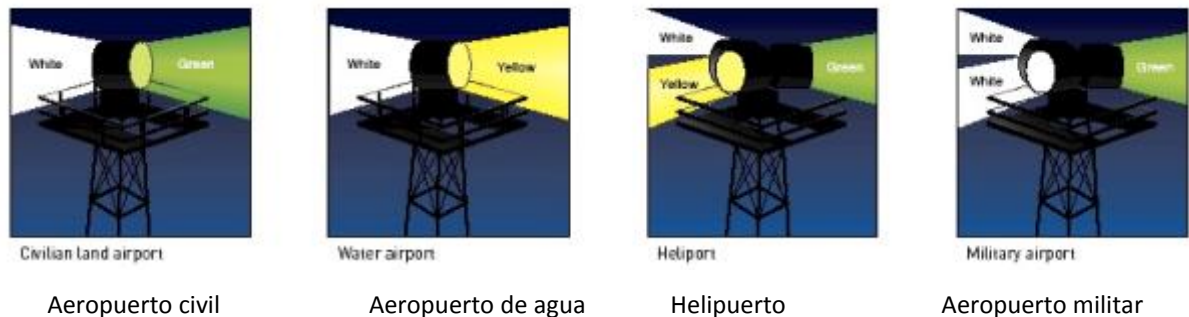
Figura 22. Instalaciones de LDIN.



Fuente: Administración Federal de Aviación, 2012.

i. Balizas rotativas de aeropuertos. Emiten rayos de luz espaciados a 180° para indicar la ubicación de un aeropuerto. Estas balizas son obligatorias en cualquier aeropuerto que tenga luces de orilla en la pista. Para identificar aeropuertos civiles, se alternan luces blancas y verdes. Las balizas deben estar a 1500 m de la pista y deben montarse a una altura apropiada para que el barrido del rayo apunte por lo menos 2° por encima del horizonte para que no sea bloqueado por ningún objeto natural o artificial.

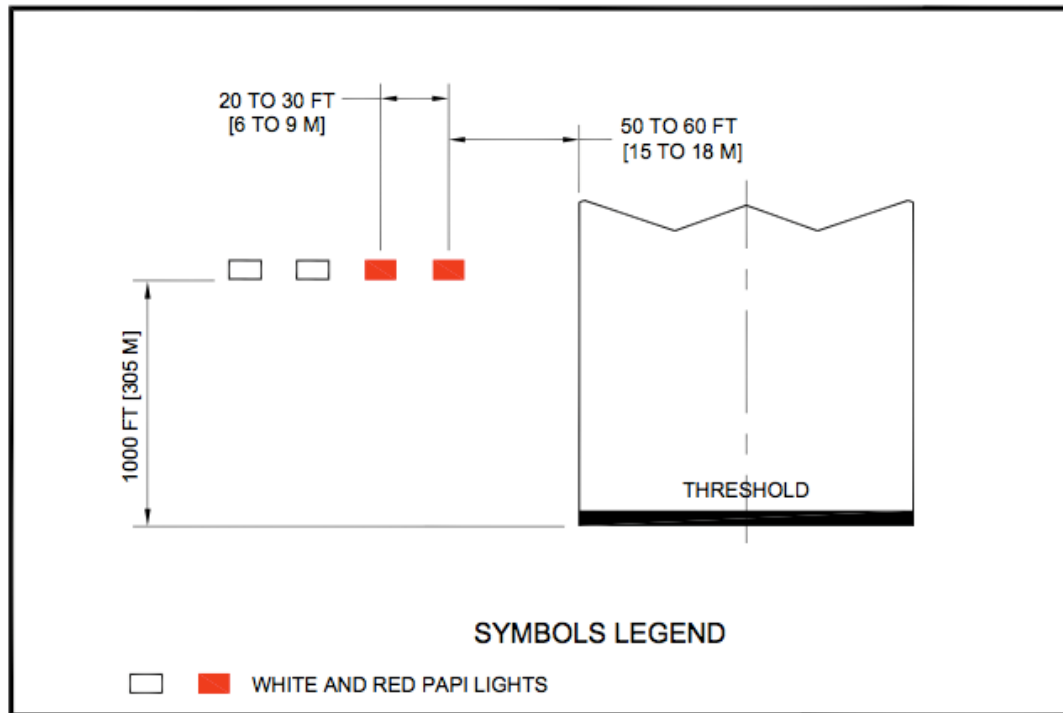
Figura 23. Representaciones visuales de balizas rotativas de aeropuertos.



Fuente: Second life aviation, 2014 [http://sl-aviation.wikia.com/wiki/Airport_beacon]

j. Indicador de trayectoria de aproximación precisa (PAPI). Formación de luces ubicada junto a la pista. Generalmente está formada por cuatro unidades separadas a la misma distancia una de otra de colores que brindan una indicación visual de la posición relativa de una aeronave con relación a una senda de planeo (GS, por su nombre en inglés) designada para la pista. La ubicación exacta del sistema depende de varios factores como espacio libre de obstrucciones, altura de paso de umbral (TCH), presencia de senda de planeo (GS) y tipo de aeronave que utiliza la pista.

Figura 24. Indicador de trayectoria de aproximación precisa (PAPI).



Fuente: Administración Federal de Aviación, 2012.

Figura 25. Cajas de iluminación PAPI.



Fuente: Administración Federal de Aviación, 2012.

k. Sistema de aterrizaje por instrumentos (ILS). Da al piloto la guía de alineamiento de la aeronave, gradiente descendiente y posición hasta que se logra hacer contacto visual de alineamiento y ubicación de la pista. En la ilustración siguiente se muestran las componentes de localización LOC. El ILS utiliza una señal de línea de visión de la antena del localizador (LOC) y radiobalizas; y una señal reflejada desde el plano del suelo en frente a la antena GS.

Los sistemas de antenas de ILS son susceptibles a las diferentes fuentes de señales de interferencia como líneas de electricidad, cercas, edificios de metal, celulares, etc. Debido a que el ILS utiliza el suelo frente a la antena GS para desarrollar la señal, esta área debe estar libre de vegetación y compactado para eliminar las irregularidades de la superficie.

Los equipos de GS y LOC deben estar cerca de la instalación de la antena aunque físicamente no formen parte de ella.

l. Antena de localizadores (LOC). La señal LOC se utiliza para establecer y mantener la posición horizontal de la aeronave hasta que se logre confirmar el alineamiento y ubicación de la pista por contacto visual. La antena LOC generalmente se ubica en la prolongación del eje de la pista, fuera del área segura de la pista (RSA, por sus siglas en inglés) entre 305 y 610 m más allá del extremo de parada de la pista. Cuando no es práctico ubicar la antena después del final del RSA, se debe considerar mover el LOC para mantener despejada la RSA. El equipo de LOC debe estar por lo menos a 76 m de cada lado de la antena y a menos de 30° de la prolongación del eje longitudinal de las antenas.

Figura 26. Serie de 8 y 15 antenas LOC, respectivamente.



Fuente: Administración Federal de Aviación, 2012.

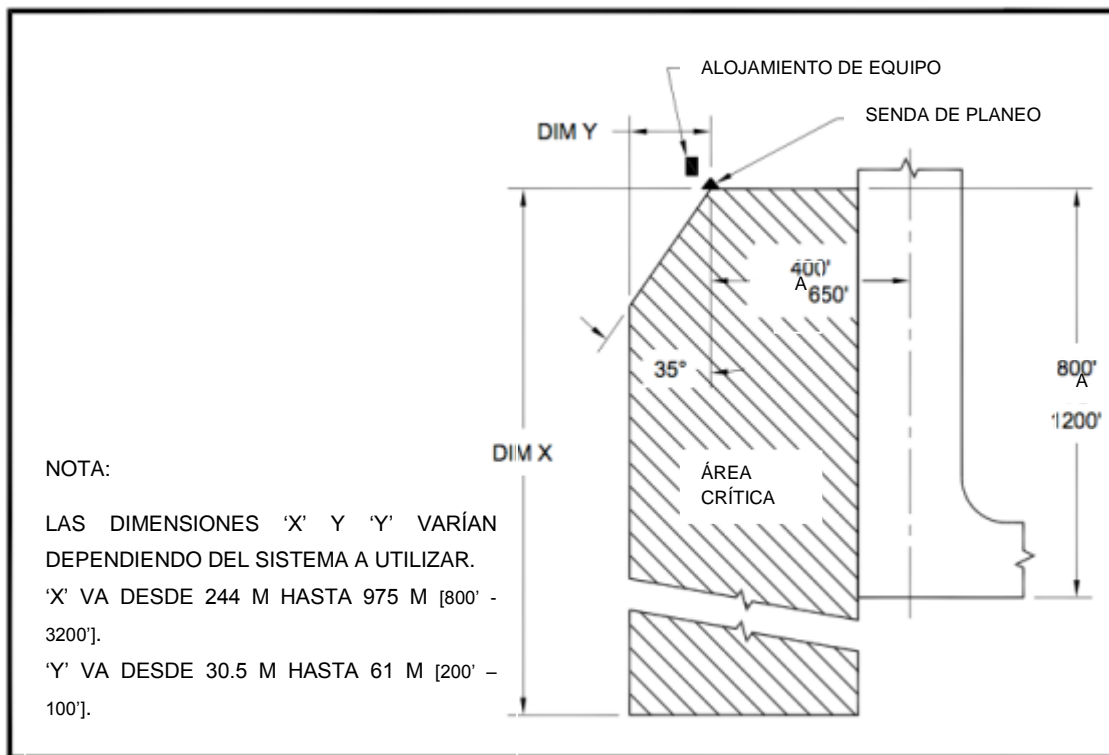
El área crítica representada en la

Figura 28 que rodea la antena LOC y se extiende hasta el extremo de parada de la pista debe mantenerse libre de objetos y vegetación de alto crecimiento. El área crítica debe ser compactada. Se recomienda una compactación longitudinal constante de -1.0 por ciento a -1.50 por ciento. La compactación transversal debe estar en el rango de -0.5 por ciento a -3.0 por ciento, con transiciones suaves entre cada cambio de compactación. Los soportes de la antena son frágiles y los cimientos deben estar al ras del suelo.

m. Antena de senda de planeo (GS). La señal del GS establece y mantiene el ritmo de descenso de la aeronave hasta que se logre confirmar el alineamiento y ubicación de la pista por contacto visual. La antena GS puede localizarse a los costados de la pista. La operación más fiable se obtiene cuando la antena GS se encuentra a un costado de la pista en donde haya menos posibilidades de reflexiones de edificios, líneas de electricidad, vehículos, aeronaves, etc. La calidad de la señal depende del tipo de antena que se utiliza y del nivel del suelo inmediatamente en frente de la antena. El área de alojamiento del equipo GS se encuentra detrás de la antena y a un mínimo de 122 m desde el eje de la pista.

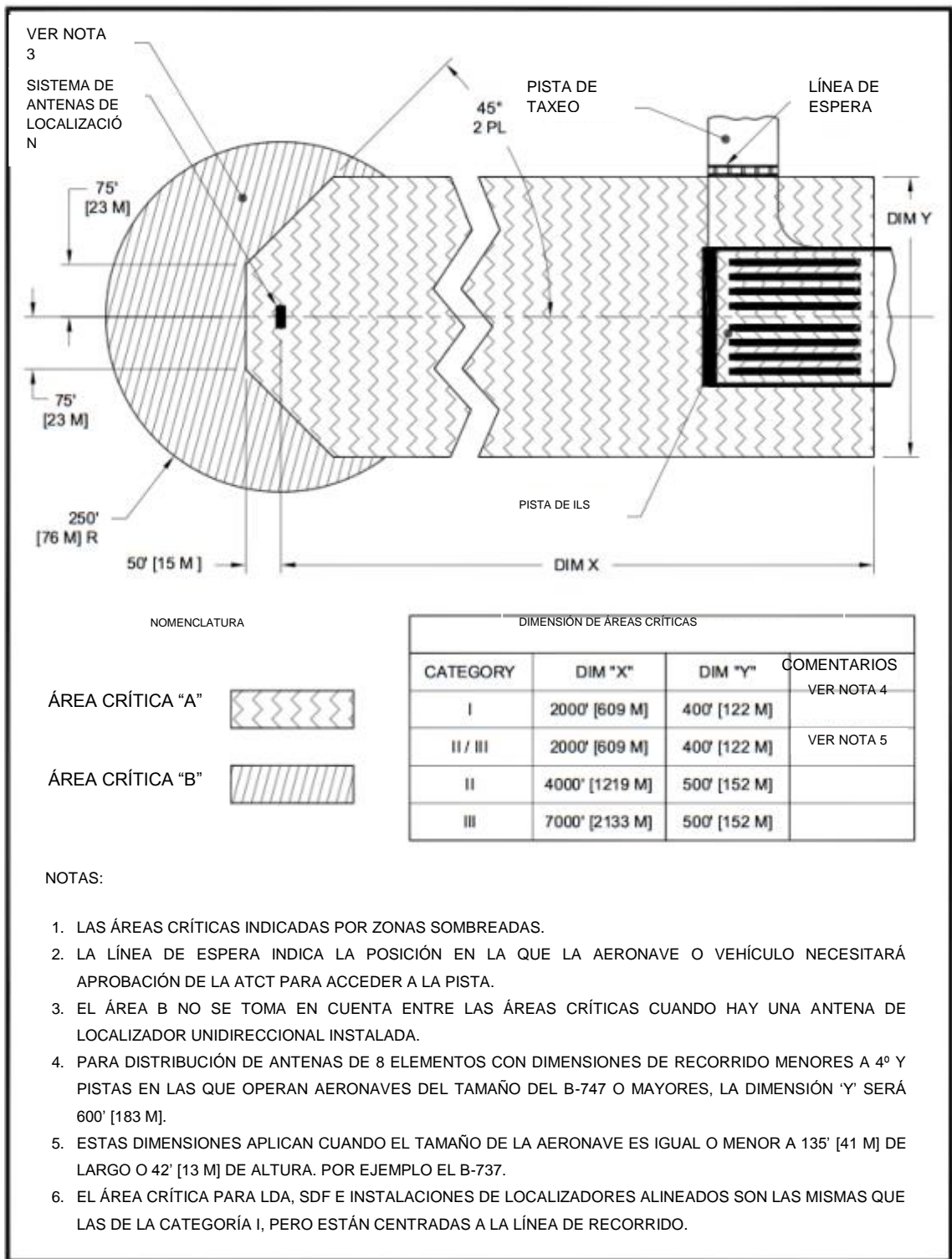
El área crítica del GS se muestra en la siguiente ilustración.

Figura 27. Ubicación de la senda de planeo y área crítica.



Fuente: Administración Federal de Aviación, 2012.
 Traducido por el autor

Figura 28. Sistema de aterrizaje por instrumentos (ILS), localizador (LOC) y áreas críticas.



Fuente: Administración Federal de Aviación, 2012.
Traducido por el autor

n. Equipo de medición de distancia (DME). Se coloca usualmente en el LOC cuando se utiliza como componente del ILS. El DME es un área terminal o instalación en ruta de navegación que le indica al piloto la distancia oblicua en millas náuticas de la aeronave hasta el DME identificado. Se puede combinar con un radiofaro omnidireccional de alta frecuencia (VOR).

Figura 29. Antena de equipo de medición de distancia (DME).



Fuente: Administración Federal de Aviación, 2012.

o. Alcance visual de la pista (RVR). Sirve para medir la transmisividad atmosférica a lo largo de las pistas para transmitirle el dato al controlador de tránsito aéreo sin interferir en las operaciones del ILS en áreas de interferencia en aeropuertos controlados. Los RVR son necesarios para aumentar la capacidad de aterrizaje en los aeropuertos existentes y para las instalaciones de ILS. Cada sistema de RVR consiste en:

- Sensor de visibilidad
- Sensor de luz del ambiente
- Monitor de la intensidad de la luz de la pista
- Unidad de procesamiento de datos
- Monitor de controlador

Ubicación de los RVR:

- Los sensores de visibilidad RVR en la zona de contacto deben estar entre 0 y 750 m del umbral de la pista, generalmente detrás de la antena de la senda de planeo o PAPI.

- Los sensores de visibilidad RVR en la carrera de aterrizaje deben estar entre 0 y 750 m del umbral, al final de la carrera de aterrizaje de la pista, generalmente detrás de la antena de la senda de planeo o PAPI.
- Los sensores de visibilidad RVR deben estar a menos de 300 metros del centro de la pista.
- Para pistas más largas de 3600 m se requieren cuatro sensores de visibilidad RVR para apoyar en operaciones de baja visibilidad en ambas terminaciones de la pista.
- La cantidad de RVR que se requieren depende de la categoría de aproximación de la pista y de su longitud.
- Para pistas CAT-I, se requiere solamente un RVR en la zona de contacto.
- Para pistas CAT-II con mínimo de visibilidad de 490 m, se requiere solamente un RVR en la zona de contacto. Cuando el mínimo es menor que 490 m, se requiere un RVR en la zona de contacto y uno en la carrera de aterrizaje.
- Para pistas CAT-III con mínimo de visibilidad por debajo de 365 m, se requiere RVR en la zona de contacto, otro en el punto medio de pista y otro en la carrera de aterrizaje.

p. Radiofaro omnidireccional de alta frecuencia (VOR). Es un sistema que emite señales de radio de alta frecuencia para ser recibidos por receptores aéreos compatibles. Le brinda al piloto la indicación directa de la distancia relativa de la instalación.

Las estaciones de VOR se acompañan de instalaciones de DME y navegación aérea táctica (TACAN); este último incluye tanto una distancia del DME y un azimut de la TACAN que proveen datos similares al VOR. Existen tres tipos de VOR que son de gran altitud, de baja altitud y de terminal.

Figura 30. Instalación de radiofaro omnidireccional de alta frecuencia (VOR) en ruta.



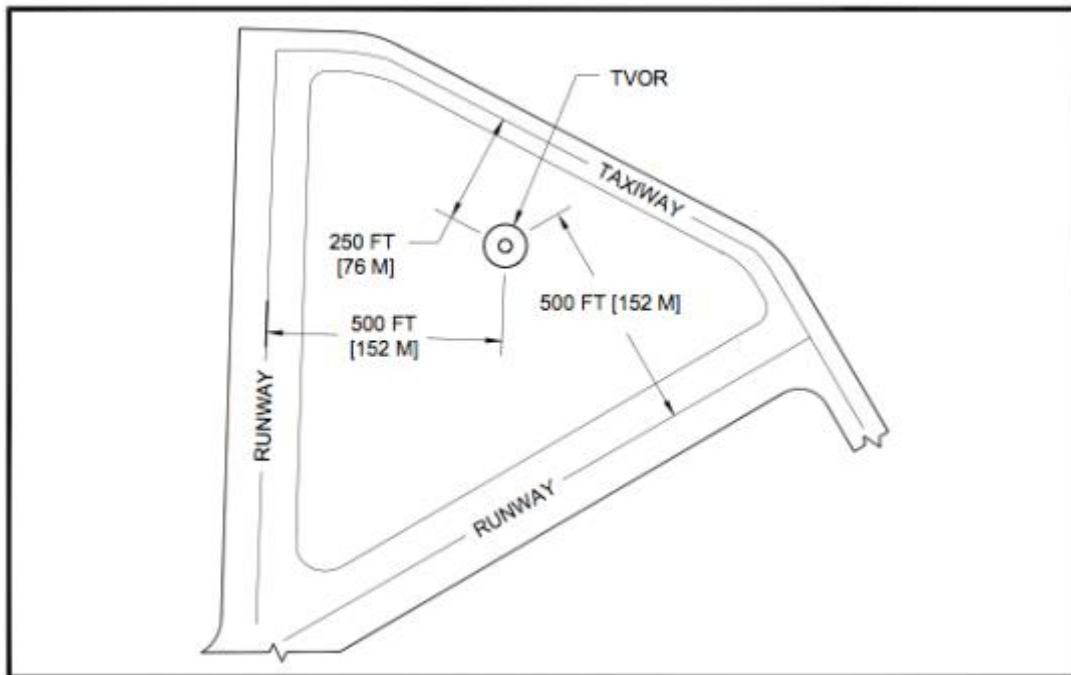
Fuente: Administración Federal de Aviación, 2012.

Figura 31. Instalación de VOR en terminal (TVOR).



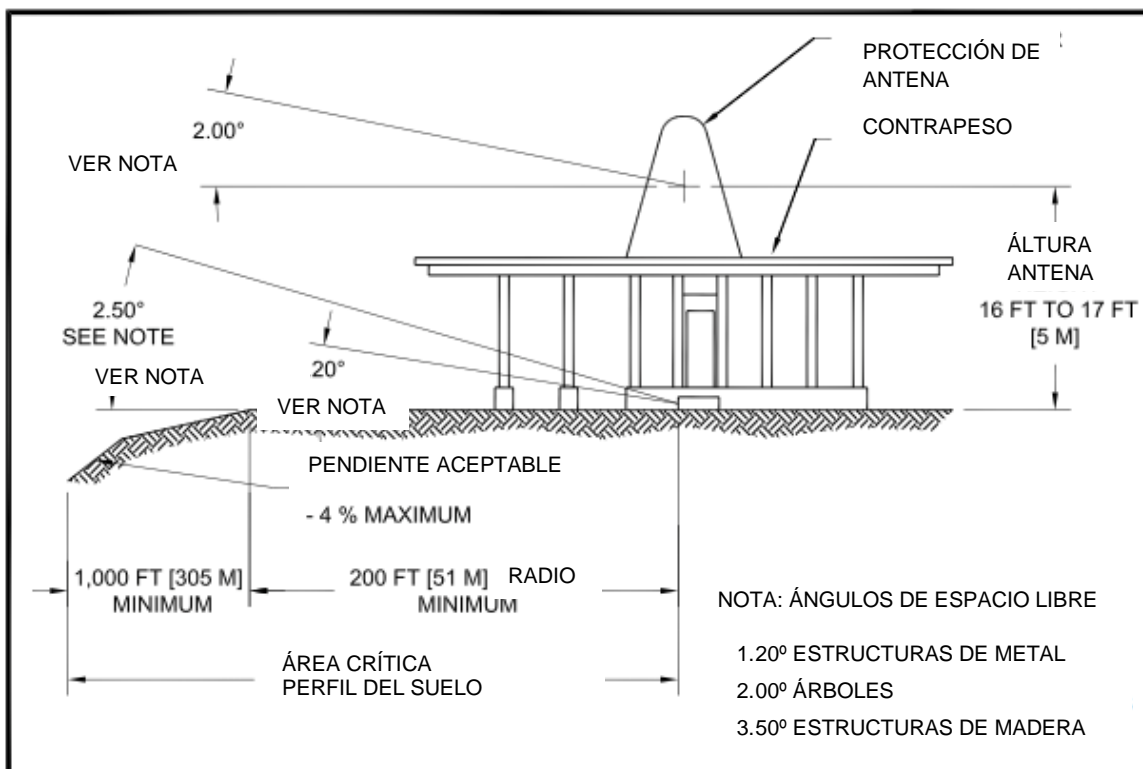
Fuente: Administración Federal de Aviación, 2012.

Figura 32. Instalación de TVOR.



Fuente: Administración Federal de Aviación, 2012.

Figura 33. Espacios libres para TVOR.



Fuente: Administración Federal de Aviación, 2012.
Traducido por el autor

q. Radiofaro no direccional (NBD). Es una radiobaliza que ayuda a los pilotos de aeronaves que cuentan con equipo de radiogoniometría. Puede formar parte del ILS. Comúnmente los NBD se utilizan como radiobaliza de compás para las balizas fuera del ILS. NBD puede designar el área de aproximación ILS o el recorrido para realizar un procedimiento estándar de llegada a la terminal.

Figura 34. Instalación de radiofaro no direccional (NDB).



Fuente: Administración Federal de Aviación, 2012.

r. Círculos segmentados o mangas de viento. Los círculos segmentados proveen indicaciones visuales de las operaciones de un aeropuerto como dirección activa de aterrizaje y patrones de tránsito. Los aeropuertos no deben tener más de un círculo segmentado colocado con una manga de viento.

Las mangas de viento indican visualmente la dirección dominante del viento en una ubicación particular de un aeródromo o helipuerto y no se proporcionan con círculos segmentados. Comúnmente, las mangas de viento se abastecen con una sola luz de obstáculo y cuatro proyectores que iluminan la manga.

Figura 35. Círculos segmentados y mangas de viento.



Fuente: Administración Federal de Aviación, 2012.

s. Sistema automatizado de observación de superficie (ASOS) y Sistema automatizado de observación de clima (AWOS). Los instrumentos de grabado automático se desarrollaron para medir la cobertura de nubes, visibilidad, dirección y velocidad del viento, temperatura, punto de rocío, acumulación de precipitación, congelamiento de lluvia, presión a nivel del mar para configuración de altímetro y para detectar rayos. Estas instalaciones se localizan en el mejor lugar que se encuentre donde puedan calcular todas las características meteorológicas que puedan afectar las operaciones de aviación, sin embargo, no se instalan dentro de las zonas libres de obstáculos y objetos y áreas seguras de la pista y calle de rodaje.

Figura 36. Sensores de clima del sistema automatizado de observación de superficie (ASOS).



Fuente: Administración Federal de Aviación, 2012.

t. Cámara de clima (WCAM). Provee a la aeronave imágenes del clima en tiempo real a través del protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP). Este tipo de sistema se utiliza en lugares donde se tienen condiciones de clima en constante cambio y se necesita monitorizar estos cambio de forma remota.

Figura 37. Cámara de clima (WCAM).



Fuente: Administración Federal de Aviación, 2012.

u. Equipo de viento F-400 (WEF). Mide la velocidad y dirección del viento. Existen pequeños aeropuerto que no cuentan con torres de control que provean información de la velocidad y dirección del viento, por lo que necesitan equipo de este tipo. El poste para este equipo mide aproximadamente 9 m de altura y se localiza en un lugar en el cual los sensores de viento no se puedan ver afectados por causas artificiales de perfiles de viento.

Figura 38. Poste con sensores de equipo de viento.



Fuente: Administración Federal de Aviación, 2012.

v. Sistema de alerta de cortante del viento a bajo nivel (LLWAS). Mide la velocidad y dirección del viento en estaciones de sensores remotos situados alrededor del aeropuerto. Cada aeropuerto debe contar con por lo menos 6 y máximo 12 estaciones de anemómetros remotos. Los datos recibidos del sensor remoto se transmiten a una estación general que genera alertas cuando se detectan condiciones de cortante del viento y microrráfagas.

Figura 39. Poste con sensores de Sistema de alerta de cortante del viento a bajo nivel (LLWAS).



Fuente: Administración Federal de Aviación, 2012.

w. Luces de estado de pista (RWSL). Iluminan pistas y calles de rodaje cuando es inseguro entrar, cruzar o iniciar un despegue en la pista. El sistema es automatizado y basado en información de sistemas de vigilancia de la superficie y terminal. Los sensores de vigilancia del aeropuerto se procesan a través de una lógica de control de luz que ilumina el pavimento de color rojo cuando hay tráfico en la pista o se acerca a la misma. Un componente son las luces de entrada a la pista (REL), las cuales se ubican en las calles de rodaje de ingreso e indican cuando hay una aeronave cruzando o entrando a la pista desde calles de rodaje que la intersectan por lo que es inseguro avanzar. El otro componente son las luces de espera de despegue, que se encuentran en la pista e indican a la aeronave en posición para el despegue que es peligroso proceder.

C. Industria del transporte aéreo

«En el desarrollo de los medios de transporte ha sido el aeronáutico el que ha dado un gran salto evolutivo en el último siglo, modificando la vida y actividades del ser humano hasta el presente. A través de este se define un mundo extenso y complejo, en el que coexisten diferentes actores que, trabajando en conjunto, logran conformar y unificar el sistema aéreo mundial». (Helmbold, 2004)

1. Inicios de la aviación comercial. El día 17 de diciembre de 1903, cerca de Kitty Hawk, Carolina del Norte, Estados Unidos, los hermanos Wilbur y Orville Wright realizaron el primer vuelo pilotado de una aeronave más pesada que el aire y propulsada por motor. Ese se convirtió luego en el primer hecho e inicio de la aviación moderna. Este avión fue diseñado, construido y volado por ambos hermanos, quienes realizaron dos vuelos cada uno. Al año siguiente continuaron mejorando el diseño del avión y su experiencia como pilotos. En 1905 llegaron a recorrer 38.9 kilómetros en 38 minutos. A partir de ese momento, los avances técnicos de los pioneros crecieron con rapidez. (Helmbold, 2004)

La historia de las aeronaves fue evolucionando a tal grado, que para la Primera Guerra Mundial (1914-1918) que las aeronaves fueron utilizadas como armas. Las urgentes necesidades de la guerra estimularon a los diseñadores para construir modelos especiales para ataque y bombardeo. Es así que el transporte aéreo recibiría un gran empuje aunque su primera finalidad fuera de carácter bélico. Vale la pena decir que su desarrollo y evolución durante la guerra favoreció sus finalidades comerciales posteriormente. (Helmbold, 2004)

En 1919 John Alcock y Arthur Whitten cruzaron por primera vez en un avión el Océano Atlántico entre la costa norte de Canadá e Irlanda. Ocho años después, en 1927 el norteamericano Charles Lindbergh voló en solitario desde Nueva York a París sin escalas de por medio. Este hecho provocó la necesidad de establecer normativas que marcaran los usos del espacio aéreo internacional, por lo que se realizó la primera convención sobre reglamentación aérea, llamada Convención de París, en ese mismo año. (Helmbold, 2004)

En la década de los 20's surgieron en el mundo las primeras líneas aéreas. Entre ellas se encuentran la Real Compañía Holandesa de Aviación (KLM) que estableció en 1920 la ruta más antigua del mundo; Londres-Amsterdam. Le siguieron en orden cronológico Sabena y Swissair, fundadas en 1920 también. La aerolínea alemana Lufthansa en el año 1926 y SAS en 1946. Para el año 1930 en los Estados Unidos se contaban ya con compañías importantes como TWA, United Airlines, American Airlines y Pan American Airways. En Latinoamérica la primera compañía fue Avianca en el año 1919, surgiendo más tarde Mexicana de Aviación en el año 1924, Varig en 1927 y Lan Chile en 1929.

Los servicios que las líneas aéreas brindaban a los pasajeros en ese tiempo, se concentraban en la velocidad de viaje y en la seguridad. Ya que en un principio las aeronaves evolucionaron en un ámbito militar, los fines de comodidad y calidad para los pasajeros no habían sido pensados. A partir de la década de los 30's fue que se empezó a tomar en cuenta el servicio a sus pasajeros. Las cabinas se hicieron cerradas y más cómodas. Se incluyeron asientos con mayores comodidades y descanso para los pies. Así mismo, se incorporó personal a bordo para la mejor atención del pasajero. Más adelante los avances tecnológicos se incrementaron, nuevamente, por una guerra; la Segunda Guerra Mundial (1939-1945). De esta forma y por primera vez en la historia, la aviación se convirtió en el factor más decisivo en el desarrollo de la guerra, mostrando una fuerte evolución tecnológica en la fabricación de aviones. (Helmbold, 2004)

Con el fin de la guerra se inició el verdadero despegue masivo de la aviación moderna, en donde esta se encontró con el turismo. Con el renacimiento de la paz hubo varios cambios políticos y sociales que crearon un clima muy favorable para estos procesos. Para el mundo de la aviación significó la creación de nuevas

compañías aéreas, aeropuertos y la implementación de nuevas rutas y servicios. A esto se le suma la mejora de poder adquisitivo a nivel mundial y la creación de los llamados jets a finales de los años 50.

2. Chárter. Los vuelos denominados chárter son un servicio que no tienen un programa regular de aplicación y tuvieron sus orígenes a partir de la década de los 50's. Las empresas europeas fueron las primeras en llevar a cabo este movimiento y revolucionarlo por medio de vuelos especialmente fletados por operadores turísticos. En este sentido fue España la gran pionera, pues también construyó aeropuertos especialmente enfocándose en competir con este mercado turístico internacional. Las compañías chárter que se crearon empezaron utilizando los aviones que eran desechados por los transportistas regulares, pues los compraban a precios razonables y estos se encontraban aún en buen estado y funcionamiento.

3. Líneas aéreas de bajo costo. A mediados de los 60's, una nueva generación de jets habían puesto al mundo de la aviación en un nuevo nivel, y las empresas aerocomerciales eran el símbolo de una industria pujante. Esto cambió en el año 1973 pues gracias a la gran demanda de energía en el mundo, se entró en una crisis ya que los países árabes productores de petróleo embargaron el suministro de crudo a Estados Unidos. Debido a esto se inició un movimiento que tiempo después sacudiría a la comunidad aeronáutica llamado el proceso de desregulación en donde las compañías aéreas se debían ajustar a una determinada capacidad preestablecida por el mercado sin excederse de ninguna manera.

Fue gracias a estos hechos que líneas aéreas como Southwest Airlines aparecieron. Estas tenían su concepto revolucionario de: "low cost". Estas proveían a sus clientes una gama de servicios muy simple y nada extravagante, pero que suplían la necesidad de viajar de las personas. Las principales aerolíneas de bajo coste fueron Ryanair de Irlanda; Easy Jet y Virgin Express, de Gran Bretaña; JetBlue y Southwest Airlines, de Estados Unidos; Virgin Blue, de Australia y Air Berlin, de Alemania. En Latinoamérica, la brasileña Gol fue la única que operaba en esas fechas.

4. Alianzas estratégicas de aerolíneas. Es el surgimiento de alianzas entre aerolíneas se inicia a fines de los 90's. Las más grandes alianzas estratégicas son integradas por una determinada cantidad de compañías aéreas importantes de varios continentes del mundo. Su función principal es crear redes globalizadoras para que diferentes aerolíneas, provenientes de distintas partes del mundo, puedan competir a una escala más global sin perder su independencia propia. (OMT, 2012)

Hasta el día de hoy existen más de 600 acuerdos de alianzas en todo el mundo con diferente nivel de alcance, compromiso, metas y carácter. Según la Organización Aviación Civil Internacional (OACI), los transportadores que integran alianzas transportan el 50% del tráfico mundial de pasajeros. Las compañías aéreas han formado alianzas las cuales son para:

- Ingresar a un mercado local.
- Obtener una economía de escala en la prestación de servicios y mercadeo.
- Adquirir experiencia en la prestación de servicios.

Los beneficios de las alianzas también afectan los niveles de competencias, ya sea compensando las desventajas en este aspecto, pues permiten operar mayor cantidad de servicios y destinos, y también porque las líneas aleadas ya no compiten entre sí, sino que unen fuerzas para competir unidamente contra otros. Por otro lado, estas también pueden tener desventajas. La coordinación eficaz entre compañías independientes, requiere un consenso entre ambas partes para establecer prioridades conjuntas, delimitar responsabilidades y pautas de funcionamiento, lo que puede llegar a ocasionar rupturas de no manejarse adecuadamente.

Las principales alianzas actualmente son:

- Wings: KLM, Continental Airlines y Northwest.
- Star Alliance: conformada por Avianca, Copa Airlines, Air China, Brussels Airlines, EGYPTAIR, Ethiopian Airlines, TAP Portugal, Turkish Airlines, Varig, United, Lufthansa, Thai, Singapore Airlines, SAS Líneas Aéreas Escandinavas, Air Canadá, Mexicana de Aviación, ANA (All Nipon Airways), Air New Zealand, Spanair, British Midland, Asiana y las líneas aéreas austriacas: Austrian Airlines, Lauda Air y Tyrolean Airways.
- One World: integrada por American Airlines, Air Berlin, Japan Airlines, British Airways, Cathay Pacific Airways, Finnair, Qantas, Iberia, Air Lingus, Qatar Airways, Iberia, Lan Ecuador y Lan Chile.
- SkyTeam: conformada por Air France, Air Europa, Korean Air, Czech Airlines, Alitalia, Delta Airlines, Middle East Airlines, Kenya Airways y Aeroméxico (OMT, 2002)

5. Tendencias en aviación internacional. Es posible que en otras partes del mundo los ejecutivos estén recortando sus viajes, pero ese no es el caso en Latinoamérica, según la séptima encuesta anual LATÍN TRADE Best of Latin America, que se llevó a cabo en inglés, español y portugués. En cambio, la mayoría viajará más a menudo y buscará mejores tarifas, mayor calidad y más conveniencia: una tendencia que destaca una nueva preferencia por los viajes con descuentos. (Otis, 2009)

Cada vez más, los ejecutivos reservan sus viajes en la web. Casi el 40% de los encuestados utiliza sitios web de hoteles o líneas aéreas para hacer reservas de hotel o vuelos (un tercio utiliza agencias de viajes). Cuando se les preguntó si tenían pensado viajar más en 2009, aproximadamente un 20% de las respuestas indicó que sí, que pensaba viajar más, mientras que una cantidad equivalente indicó que pensaba recortar en la cantidad de viajes que realizaría. Muchos más, sin embargo, cerca de un 40%, indicaron que pensaban hacer la misma cantidad de viajes. Las quejas clave de los viajeros que vuelan se centraron en la confiabilidad y en el hospedaje. Otros expresaron su preocupación por el mal estado en que se encuentra la flota de aviones que presta servicio en la región, caracterizada por los interiores de algunos aviones que lucen viejos. La zona de los baños, y la higiene en general, fue otro punto que causa bastante molestia en los encuestados. (Otis, 2009).

Los aeropuertos no están inmunes a las críticas indiscriminadas de los viajeros, muchos de los cuales se quejaron de perder su conexión mientras se trasladaban de una terminal a otra dentro del aeropuerto, o de la mala calidad de la comida en las reducidas horas de atención al público de las tiendas en los aeropuertos (Otis, 2009).

Mientras que las quejas sobre aeropuertos y líneas aéreas fueron más abundantes que los cumplidos, algunos encuestados sí destacaron la buena calidad de la comida que se sirve en algunas aerolíneas y la gentileza del personal en situaciones en que era necesario arreglar vuelos de conexión o ubicar equipaje perdido. A algunos aeropuertos se los elogió por contar con una buena infraestructura y una excelente selección de negocios (Otis, 2009).

Tendencias puntuales en la aviación internacional

- Alianzas: El año 2012 ha visto las alianzas como estrategias en la competitividad mundial. Muchas inversiones estratégicas se ven reflejadas en el manejo de las aerolíneas. Por ejemplo Etihad ahora es dueña de un 29% de acciones de Air Berlin. Air Asia tiene 20% de Malaysian Airlines; Qatar con 35% en Cargolux y Delta recientemente adquirió un 49% de Virgin Airlines
- Barreras: Las barreras estructurales tales como el acceso al mercado y el sector ambiental han sido impedimentos para el crecimiento del sector de viajes y transporte. Se necesita una reforma y creación de iniciativas que fomenten acuerdos entre actores afectados.
- Competitividad: El sector de turismo y viajes forma alrededor de un 9% del Producto Interno Bruto mundial, lo que equivale a un total de US\$ 6 trillones. Genera alrededor de 120 millones de trabajos directos y otros 125 millones de trabajos indirectos lo que equivale a 1 de cada 11 trabajos en el mundo. Ya que este sector es clave para las economías emergente, se debe de implementar políticas para eliminar barreras estructurales.
- Combustible: La imposible tarea de predecir los precios futuros del combustible ha llevado a la industria de la aviación a formar nuevos modelos de negocios para mitigar posibles picos, o a buscar nuevas formas de incentivar la producción comercial de combustibles alternos.
- Integración: Recurrentemente los pasajeros están exigiendo una mejor experiencia de viaje. Se debe de incluir planes de integración tecnológicos para mejorar la movilidad del pasajero.
- Empleos: Las tendencias mundiales indican que los trabajadores que empiezan sus carreras en la industria de viajes tienen mayores oportunidades educacionales y logran alcanzar mayores salarios, lo cual es sumamente importante más en estos tiempos de altas tasas de desempleo.
- Móviles: Nuevas plataformas de comunicación están siendo usadas y creadas para buscar, escoger y reservar viajes en la mayoría de países a un costo medio.
- Cielos abiertos: Las regulaciones gubernamentales no han mantenido un paso acorde con las realidades comerciales de operación de las aerolíneas a nivel global. El enfoque multilateral ha llevado a la creación de tratados bilaterales entre países para abrir sus cielos unos con otros. Se debe de implementar un tratado global que enfatice y regule los impedimentos en áreas como acceso a mercados, protección al consumidor y tributación.
- Personalización: Gracias a que ahora se vive en un mundo en donde mucho se realiza por medio de dispositivos electrónicos, todo se ha vuelto muy impersonal. En un futuro los viajeros esperaran que su experiencia de viaje sea mucho más personal.

- Tecnología: Se deben de considerar métodos para proveer rápida, mayor y de mejor calidad de conectividad in las cabinas en los aviones, así como desarrollar nuevas aplicaciones que permitan al viajero hacer un registro personal sin tener que acudir a los puestos de servicio.
- Visa: Realizar reformas en la obtención de visas para viajar.

D. Reglamentos y normas

1. Reglamentos y normas que rigen las características de los aeródromos en la República de Guatemala. En Guatemala, es la Dirección General de Aeronáutica Civil la responsable de garantizar la seguridad, regularidad y eficiencia de cualquier operación aérea que se dé en los aeródromos ubicados dentro del territorio guatemalteco. Asimismo, es la encargada de brindar los servicios, aeropuertos y otra instalaciones que sean necesarias para el tráfico aéreo, siempre y cuando cumplan con normas internacionales como las elaboradas por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). Desde el 27 de noviembre de 2003, de acuerdo a la Enmienda 4 al Anexo 14, Volumen I de la OACI, Guatemala debe certificar sus aeródromos para operaciones internacionales de conformidad con las especificaciones que aparecen en el Anexo 14, Volumen I y otras especificaciones de la OACI.

2. Reglamentos de la Ley de Aviación Civil Guatemalteca. A continuación se desarrollan los artículos más relevantes y aplicables a este trabajo, del Reglamento de Aviación Civil, que según el Acuerdo Gubernativo No. 384-2001 entró en vigencia el 8 de diciembre de 2001 de acuerdo a lo dispuesto en el artículo 138 del Decreto 93-2000, Ley de Aviación Civil, del Congreso de la República.

TÍTULO I

DISPOSICIONES GENERALES

CAPÍTULO I

DEFINICIONES

Según el Reglamento de la Ley de Aviación Civil guatemalteca, en el artículo primero, un aeropuerto es el aeródromo de uso público, que cuenta con edificaciones, instalaciones, equipos y servicios destinados de forma habitual a la llegada, salida y movimiento de aeronaves, pasajeros y carga en su rampa, donde se prestan normalmente servicios de aduana, sanidad, migración y otros complementarios. Las áreas que lo conforman son inembargables, inalienables e imprescriptibles y las áreas circundantes son zonas de dominio restringido.

Su funcionamiento deberá ser autorizado por la Dirección General de Aeronáutica Civil de conformidad con las disposiciones reglamentarias.

TÍTULO III
INFRAESTRUCTURA
CAPÍTULO I

CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE AERÓDROMOS

ARTÍCULO 24. Todos los aeródromos y aeropuertos civiles de la República están sujetos al control y vigilancia de la Dirección General de Aeronáutica Civil.

ARTÍCULO 25. Por sus características, los aeródromos pueden ser:

Aeródromo de Primera Categoría o Aeropuerto: el que cuenta con servicios de aduana, migración, sanidad, comunicaciones, aprovisionamiento y asistencia a aeronaves.

Aeródromo de Segunda Categoría: el que cuenta con servicios de comunicaciones, aprovisionamiento y asistencia a aeronaves.

Aeródromo de Tercera Categoría, de emergencia o aprendizaje: los que carecen de los servicios que prestan los anteriores y se destinan a aterrizajes eventuales.

ARTÍCULO 28. Para poder construir un aeródromo o helipuerto privado, deberá de solicitarse previamente la autorización de la Dirección General de Aeronáutica Civil. La solicitud deberá como mínimo contener:

Si es persona individual, acreditar documentalmente sus datos personales y generales.

Si es persona jurídica, acreditar fehacientemente, la calidad con que se actúa y la constitución de su representada, señalando lugar para recibir notificaciones.

Haber cancelado el pago por la inspección.

Acreditar la propiedad de la finca, el arrendamiento, o cualquier otra figura jurídica por medio de la cual se tenga la libre disposición de la misma.

Adjuntar planos de localización y construcción.

ARTÍCULO 29. La Dirección General de Aeronáutica Civil, al recibir la solicitud y documentación, la trasladará a sus Dependencias técnicas para que realicen la inspección y emitan su opinión. De ser favorables, extenderá la autorización para la construcción.

ARTÍCULO 30. Al estar finalizada la construcción, el interesado, solicitará a la Dirección General, la autorización para la operación del Aeródromo o helipuerto, debiendo acreditar, haber cancelado el pago correspondiente para la inscripción en el Registro Aeronáutico Nacional y haber efectuado la construcción de acuerdo a las recomendaciones de la Dirección, mediante inspección que deberá realizar el Departamento respectivo, a costa del interesado.

ARTÍCULO 31. La Dirección General, podrá suspender, cancelar o restringir la operación de un aeródromo o helipuerto, por razones de interés general de la aviación o por incumplimiento de las condiciones sobre las cuales fue otorgada la autorización o por los casos siguientes:

Cuando desde el Aeródromo se atente contra la seguridad del Estado.

Cuando sea solicitada por su propietario.

Cuando no se lleve el registro de las aeronaves que aterrizan o despeguen de la misma.

Por el incumplimiento de las disposiciones sobre las cuales se le otorgó la autorización o violación a las disposiciones legales, reglamentarias y otras que emita la Dirección General de Aeronáutica Civil.

ARTÍCULO 34. En ningún caso podrán autorizarse construcciones, edificaciones e instalaciones dentro de los ciento cincuenta metros (150 m) del eje de la pista de aterrizaje.

ARTÍCULO 35. Para los efectos de inscripción en el Registro Aeronáutico Nacional, el Departamento técnico encargado de su control, remitirá al Registro, dentro de los quince (15) días siguientes al de la notificación de la resolución, el informe circunstanciado que contenga toda la información pertinente y la constancia de haberse efectuado el pago por inscripción.

CAPÍTULO II

SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTÁCULOS

ARTÍCULO 36. Los Aeródromos están cubiertos por superficies de protección, dentro de las cuales no deben existir edificaciones, estructuras o instalaciones que penetren el espacio delimitado. Las superficies Limitadoras de Obstáculos, tienen la finalidad de marcar los límites hasta donde los objetos pueden proyectarse en el espacio aéreo, para que las operaciones de aeronaves se lleven a cabo con seguridad. La delimitación de cada superficie está en función de la clasificación del aeródromo y de su elevación con respecto al nivel medio del mar.

ARTICULO 37. Toda persona individual o jurídica previo a efectuar edificaciones, estructuras e instalaciones en las áreas de influencia de los aeródromos, deberá contar con la autorización escrita de la Dirección General de Aeronáutica Civil, quien es el ente responsable de establecer los límites de altura máxima permisible en cada aeródromo. El interesado deberá acreditar la cancelación del pago efectuado para obtener el dictamen técnico correspondiente, según sea el caso.

ARTICULO 38. Toda autorización emanada de la Dirección para efectuar edificaciones, estructura o instalación deberá cumplir con las normas de señalización visual requeridos para la aviación.

ARTICULO 39. La solicitud para obtener el dictamen de altura máxima permisible dentro de las áreas de influencia de un aeródromo, deberá ser presentada ante la Dirección General de Aeronáutica Civil.

CAPÍTULO III

REGISTRO AERONÁUTICO NACIONAL

ARTÍCULO 77. En el Registro Aeronáutico Nacional, deberán inscribirse:

1. Aeronaves civiles y sus motores
2. Personal técnico aeronáutico
3. Centros de instrucción aeronáutica
4. Infraestructura aeroportuaria
5. Operadores de transporte aéreo comercial autorizados
6. Operadores de servicio de apoyo a la navegación aérea
7. Talleres aeronáuticos
8. Inutilización, inoperatividad, pérdida, desaparición, abandono, destrucción e inmovilización de las aeronaves y los motores, así como las modificaciones sustanciales que se hagan en ellos.
9. Enajenaciones y arrendamientos de aeronaves, así como los gravámenes, anotaciones y todas aquellas operaciones susceptibles de inscripción registral conforme la ley.

3. Organización de Aviación Civil Internacional. La Organización de Aviación Civil Internacional es una agencia especializada de las Naciones Unidas que se fundó en 1944 al firmar la Convención Internacional de Aviación Civil de Chicago.

La OACI se encarga de desarrollar Estándares y Prácticas Recomendadas (SARPs, por sus siglas en inglés) de magnitud internacional, que luego son utilizadas como base para que cada uno de los 191 Estados miembros los utilicen al crear sus regulaciones nacionales.

Las normas y prácticas recomendadas para aeródromos se adoptaron el 29 de mayo de 1951 de conformidad con el Artículo 37 del Convenio sobre Aviación Civil Internacional (Chicago, 1944), con la designación del Anexo 14 al Convenio. Las normas se basan en las recomendaciones de la Tercera Conferencia del Departamentos de Aeródromos, Rutas Aéreas y Ayudas Terrestres de septiembre de 1947 y la Cuarta Conferencia de noviembre de 1949.

a. Leyes ambientales. En este capítulo se estudiará la legislación guatemalteca referente al tema ambiental. Se analizará que factores legales se deben de tomar en cuenta y que regulaciones ambientales pueden llegar a envolver la construcción de un nuevo aeropuerto. Además se verán regulaciones y acuerdos internacionales referentes al cuidado del medio ambiente y se analizarán el modelo de la ley ambiental estadounidense, para estandarizar un criterio que no solo se adapte a Guatemala sino que pueda tomarse desde una perspectiva internacional. Finalmente se presentarán los puntos más importantes a conocer sobre el Reglamento de aviación civil de la República de Guatemala, para saber cómo se maneja esta organización dentro del país.

b. Legislación guatemalteca. Esta sección toma en cuenta los artículos más relevantes de la Constitución política de la República de Guatemala y el Código de salud que hacen referencia al cuidado ambiental y el derecho de los ciudadanos a mantenerse en un ambiente que no llegue a perjudicar su salud, lo que podrá dar una idea general de que precauciones se deben de tomar en cuenta a la hora de realizar una construcción, para que esta no perjudique al medio ambiente y por consiguiente tampoco sea perjudicial para los habitantes aledaños a la nueva construcción; un nuevo aeropuerto internacional para efectos de esta investigación.

1) Constitución Política de la República de Guatemala. En relación a los Derechos Individuales, la Constitución establece en su artículo número 43 que: «Se reconoce la libertad de industria, de comercio y de trabajo, salvo las limitaciones que por motivos sociales o de interés nacional impongan las leyes». En consecuencia, la libertad de industria solo puede ser limitada por motivos sociales o de interés nacional; por lo que deberá entenderse que, cuando aquella libertad afecte al medio ambiente en que se desenvuelve la población y consecuentemente afecte la salud y la calidad de vida de los habitantes, dicha libertad deberá restringirse.

El **artículo 95** se refiere a la salud, la seguridad y la asistencia social como un bien público, estableciendo que: «La salud de los habitantes de la Nación es un bien público. Todas las personas e instituciones están obligadas a velar por su conservación y restablecimiento». El **artículo 97** se refiere al medio ambiente y al equilibrio ecológico, establece que: «El Estado, las Municipalidades y los habitantes del territorio Nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, la flora, la tierra y del agua se realicen racionalmente evitando su depredación».

El análisis de estos artículos es básico para comprender la importancia de mantener el bienestar tanto ambiental como de los individuos, como se puede comprender en lo anterior el mantener el bienestar del ambiente como de las personas es responsabilidad de todo aquel que lleve a cabo algún tipo de proyecto o actividad y que de llegar a causar algún daño al ambiente o las personas este no podrá llevarse a cabo, donde se entiende la importancia de aplicar las medidas de mitigación y las evaluaciones de impacto ambiental.

2) Código de Salud (Decreto 90-97 del Congreso de la República). El código de salud establece como principios fundamentales El **artículo 1, -Del Derecho a la Salud:** establece que «Todos los habitantes de la República tienen derecho a la prevención, promoción, recuperación y rehabilitación de su salud, sin discriminación alguna.» y el artículo 3, indica que es responsabilidad de los ciudadanos: «Todos los habitantes de la República están obligados a velar, mejorar y conservar su salud personal, familiar y comunitaria, así como las condiciones de salubridad del medio en que viven y desarrollan sus actividades.» Este código también establece en el **Capítulo IV sobre la salud y el ambiente lo siguiente: Artículo 69-** Límites de exposición y de calidad ambiental: «El Ministerio de Salud y la Comisión Nacional del Medio

Ambiente, establecerán los límites de exposición y de calidad ambiental permisibles a contaminantes ambientales, sean estos de naturaleza química, física o biológica. Cuando los contaminantes sean de naturaleza radioactiva, el Ministerio de Energía y Minas, establecerá los límites de exposición y calidad ambiental permisible. Asimismo determinará en el reglamento respectivo los períodos de trabajo del personal que labore en los sitios expuestos a contaminantes.»

Artículo 70- Vigilancia de la calidad ambiental: «El Ministerio de Salud, la Comisión Nacional del Medio Ambiente, las Municipalidades y la comunidad organizada, establecerán un sistema de vigilancia de la calidad ambiental sustentado en los límites permisibles de exposición y de calidad ambiental establecidos.»

Artículo 71- Derecho a la información: «El Ministerio de Salud, la Comisión Nacional del Medio Ambiente y las Municipalidades, deberán recolectar y divulgar información pertinente a la población, sobre los riesgos a la salud asociados con la exposición directa o indirecta de los agentes contaminantes, que excedan los límites de exposición y de calidad ambiental establecidos.»

Artículo 72. Programas de prevención y control de riesgos ambientales: «El Ministerio de Salud, la Comisión Nacional del Medio Ambiente, las Municipalidades y la comunidad organizada con todas las instancias apropiadas, sean públicas o privadas, promoverán el desarrollo de programas de cuidado personal y de reducción de riesgos a la salud vinculados con desequilibrios ambientales, y ocasionados por contaminantes químicos, físicos o biológicos. El Ministerio de Salud velará por el cumplimiento de los acuerdos internacionales ratificados por Guatemala, que prohíben el uso de sustancias dañinas al medio ambiente y en consecuencia al ser humano».

Artículo 74, Evaluación de Impacto Ambiental y salud: «El Ministerio de Salud, la Comisión Nacional del Medio Ambiente y las Municipalidades, establecerán los criterios para la realización de estudios de evaluación de impacto ambiental, orientados a determinar las medidas de prevención y de mitigación necesarias, para reducir riesgos potenciales a la salud derivados de desequilibrios en la calidad ambiental, producto de la realización de obras o procesos de desarrollo industrial, urbanístico, agrícola, pecuario, turístico, forestal y pesquero.»

En la misma sección IV se establece el siguiente artículo concerniente a la disposición de los desechos sólidos: **Artículo 103. Disposición de desechos sólidos:** «Se prohíbe arrojar o acumular desechos sólidos de cualquier tipo en lugares no autorizados, alrededor de zonas habitadas y en lugares que puedan producir daños a la salud, a la población, al ornato o al paisaje, utilizar medios inadecuados para su transporte y almacenamiento o proceder a su utilización, tratamiento y disposición final, sin autorización municipal correspondiente, la que deberá tener en cuenta el cumplimiento de las medidas sanitarias establecidas para

evitar la contaminación del ambiente, específicamente de los derivados de la contaminación por afluentes provenientes de los botaderos de basura legales o clandestinos.»

Los artículos anteriores hacen énfasis en el cuidado de la salud de las personas, la importancia que recae en los artículos anteriores es básicamente la mención que hace en instituciones reguladoras de medio ambiente en Guatemala, ya que estos hacen referencia a las instituciones a las cuales se debe de presentar los estudios de impacto ambiental para que estos sean aprobados y se otorgue la licencia ambiental de los proyectos. Es importante mencionar que estos artículos hace referencia a la Comisión Nacional del Medio Ambiente, institución la cual fue cambiada por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), como se verá en la siguiente sección de este capítulo.

3) Ley de creación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *El Decreto 90-2000 del Congreso de la República de Guatemala, en el artículo 11*, deroga los artículos 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, y 38 del decreto 68-86 Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, con lo cual fue cancelada la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), y sus funciones pasan al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), entidad encargada de asesorar y coordinar todas las acciones al desarrollo y aplicación de la política nacional para la protección y el mejoramiento del medio ambiente.

El Artículo 8, de esta ley ordena que para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características pueda producir deterioro a los recursos naturales renovables o no renovables, al ambiente o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente a su desarrollo un estudio de evaluación del impacto ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por MARN.

Artículo 14, establece que para prevenir la contaminación atmosférica y mantener la calidad del aire, el Gobierno, por medio de la presente ley, emitirá los reglamentos correspondientes y dictará las disposiciones que sean necesarias para: d) Regular la existencia de lugares que provoquen emanaciones y el artículo 16, establece que el Organismo Ejecutivo emitirá los reglamentos relacionados con: a) los procesos capaces de producir deterioro en los sistemas lítico (o de las rocas y minerales), y edáfico (o de los suelos), que provengan de actividades industriales, minerales, petroleras, agropecuarias, pesqueras u otras; b) la descarga de cualquier tipo de substancias que puedan alterar la calidad física, química o mineralógica del suelo o del subsuelo que le sean nocivas a la salud o a la vida humana, la flora, fauna y a los recursos o bienes.

4) Reglamento orgánico interno del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *El acuerdo gubernativo 186-2001* tiene relación con las actividades contempladas en las fases de construcción y operación de la línea de transmisión de 69kV, en los siguientes artículos:

IV artículo 8 DIRECCION GENERAL DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES.

La Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales tiene a su cargo las atribuciones generales siguientes:

a) Definir las acciones preventivas que debe promover el Ministerio para conservar la calidad del ambiente y de los recursos naturales, teniendo como propósito y meta de desempeño la eficacia integral, para lo que deberá considerarse el contenido del informe de la situación ambiental del país, que se oficializará a través del despacho ministerial.

b) Definir el sistema de evaluación ambiental, desarrollarlo y resolver sobre los estudios de evaluación de impacto ambiental.

c) Elaborar proyectos de reglamentos para la emisión de las licencias ambientales que le corresponda según la Ley y someterlo a la consideración del Despacho.

d) Emitir las licencias ambientales que, de acuerdo con la ley, no sean de competencia de la autoridad del Ministro o de otras instancias superiores.

e) Definir, desarrollar e implementar el sistema de monitoreo y evaluación de las acciones ambientales, en coordinación con otras entidades públicas y privadas relacionadas.

f) Supervisar la correcta aplicación de las normas ambientales en relación y coordinación con otras entidades públicas relacionadas.

g) Elaborar los proyectos de reglamentos para la calificación que conforme a la ley deben elaborarse.

h) Incentivar la generación de servicios ambientales, así como la restauración de la flora y fauna del país.

i) Todas aquellas otras que las autoridades superiores del Ministerio le asigne.

5) Reglamento de evaluación control y seguimiento ambiental. ***El acuerdo gubernativo 431 2007***, reemplazó al Acuerdo 23-2003, y se relaciona con el presente proyecto en los artículos siguientes:

Artículo 11. Instrumentos de Evaluación Ambiental. Son los documentos técnicos en los cuales se encuentra contenida la información necesaria para realizar una identificación y evaluación ordenada de los impactos y riesgos ambientales de un proyecto, obra, industria o actividad, desde la fase de planificación, con carácter preventivo, hasta las fases de ejecución, operación y abandono, con carácter correctivo y que permiten formular las respectivas medidas de mitigación y las bases para su control, fiscalización y seguimiento ambiental.

Por su naturaleza y modo de aplicación, estos instrumentos se separan en dos grupos, los denominados instrumentos de evaluación ambiental y los denominados instrumentos de control y seguimiento ambiental. De los Instrumentos de Evaluación Ambiental se generan los correspondientes compromisos ambientales que deben adoptar los proponentes y que sirven de base para el control y seguimiento de los proyectos, obras, industrias o actividades.

Artículo 12. Instrumentos de Evaluación Ambiental. Son Considerados instrumentos de Evaluación Ambiental, los siguientes:

- a) Evaluación Ambiental Estratégica
- b) Evaluación Ambiental Inicial y Autoevaluación Ambiental
- c) Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental
- d) Evaluación de Riesgo Ambiental
- e) Evaluación de Impacto Social
- f) Diagnóstico Ambiental
- g) Evaluación de Efectos Acumulativos

Los Términos de Referencia, contenidos y procedimientos técnicos específicos para el desarrollo de cada uno de los instrumentos ambientales serán determinados por el Ministerio de Ambiente y Recursos naturales.

La determinación de la evaluación ambiental que deberá realizar el proponente del proyecto, obra, industria o actividad, se realizará tomando como base lo establecido en la clasificación contenida en el listado taxativo a que hace referencia este reglamento y respecto a la significancia de impacto ambiental que se obtenga como resultado de la evaluación ambiental inicial o el instrumento de evaluación ambiental presentado, según lo establece el presente reglamento.

Artículo 13. Equivalencia de los Instrumentos de Evaluación Ambiental: Para los efectos de lo establecido en el **artículo 8 del Decreto 68-86 del Decreto del Congreso de la República, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente**, el estudio de evaluación de impacto ambiental a que hace referencia dicho artículo, equivaldrá a los instrumentos de evaluación ambiental contenidos en este reglamento. La aprobación de los instrumentos de evaluación ambiental contenidos en este reglamento, equivale a la aprobación del estudio de evaluación del impacto ambiental relacionado en el artículo 8 de la ley antes citada.

Artículo 14. Evaluación Ambiental Estratégica. Consiste en un proceso de evaluación ambiental aplicado a planes y programas. Por su característica y naturaleza, este tipo de proceso se puede aplicar planes y programas de trascendencia nacional, binacional, regional centroamericana o por acuerdos multilaterales.

Artículo 14. Evaluación Ambiental Inicial. Es un instrumento que se utiliza para determinar si un proyecto, obra, industria o actividad, conforme lo indicado en el Listado Taxativo, el procedimiento establecido y en virtud de su condición de significancia de Impacto Ambiental, requiere o no de un análisis más profundo por medio de otro instrumento de evaluación ambiental. La Evaluación Ambiental Inicial considerará la localización del Área del Proyecto con respecto a Áreas Ambientalmente Frágiles y Áreas con Planificación Territorial, así como la existencia o no de un marco jurídico, con el objetivo de que el MARN, determine la necesidad de presentar otro instrumento de evaluación ambiental o emita la resolución que corresponda al caso concreto.

Las áreas de localización de los proyectos, obras, industrias o actividades, se agruparán en tres categorías básicas:

- a) Áreas Ambientalmente Frágiles.
- b) Áreas con Planificación Territorial, es decir, aquellos espacios geográficos, comúnmente urbanos, para los cuales el Estado ha elaborado planes de desarrollo, en función de criterios de planificación territorial (planes maestros, reguladores, etc.)
- c) Áreas sin Planificación Territorial

La información básica necesaria para que el MARN, por medio de sus direcciones pueda revisar y analizar cada caso, deberá ser recabada y proporcionada por el proponente.

Artículo 16. Autoevaluación Ambiental. La autoevaluación ambiental forma parte del proceso de evaluación ambiental. Deberá integrar los mismos procesos de análisis citados en el artículo anterior. La misma se realizará según los instrumentos y procesos metodológicos que defina el MARN en su Manual Técnico. No será aplicable a los proyectos, obras, industrias o actividades de Categoría A y megaproyectos, como instrumento técnico de simplificación del proceso de evaluación de impacto ambiental de los mismos, no obstante si podría ser utilizado para la definición de los Términos de Referencia de un Estudio de Impacto Ambiental.

Artículo 17. Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental. Es el documento técnico que permite identificar y predecir, con mayor profundidad de análisis, los efectos sobre el ambiente que ejercerá un proyecto, obra, industria o actividad que se ha considerado como de alto impacto ambiental potencial en el Listado Taxativo (Categoría A o Megaproyectos) o bien como de alta significancia ambiental a partir del proceso de Evaluación Ambiental.

Es un instrumento de evaluación para la toma de decisiones y de planificación que proporciona un análisis temático preventivo reproducible e interdisciplinario de los efectos potenciales de una acción propuesta y sus alternativas prácticas en los atributos físicos, biológicos, culturales y socioeconómicos de un área geográfica determinada. Es un instrumento cuya cobertura, profundidad y tipo de análisis depende del proyecto propuesto.

Determina los potenciales riesgos e impactos ambientales en su área de influencia e identifica vías para mejorar su diseño e implementación para prevenir, minimizar, mitigar o compensar impactos ambientales adversos y potenciar sus impactos positivos.

Artículo 18. Diagnóstico Ambiental. Es el Instrumento de Evaluación Ambiental que se efectúa en un proyecto, obra, industria o actividad existente y por ende los impactos son determinados mediante sistemas de evaluación basados en muestreos y mediciones directas o bien por el uso de sistemas analógicos de comparación con eventos o entidades similares. Su objetivo es determinar las acciones correctivas necesarias para mitigar impactos adversos.

Artículo 19, Evaluación de Efectos Acumulativos. Es el instrumento que contiene un análisis y evaluación sistemática de los cambios ambientales combinados, originados por la suma de proyectos, obras, industrias o actividades desarrolladas dentro de un área geográfica definida.

La evaluación de efectos acumulativos es necesaria a fin de establecer planes de uso del suelo municipales o regionales en los territorios en los cuales ya existe una condición de usos intensivo por parte de las actividades humanas, con el objeto de que estas sean conformes con la situación ambiental real del entorno y como forma para identificar las medidas correctivas, de mitigación, saneamiento y/o rehabilitación que deberían llevarse a cabo, con el fin de restaurar el equilibrio ecológico en esos espacios geográficos que están siendo motivo de uso y administración.

6) Ley de áreas protegidas. Esta ley se decreta en base al **Artículo 64 de la Constitución Política de la República de Guatemala**, que dice: «Se declara de interés nacional la conservación, protección y mejoramiento del patrimonio natural de la Nación. El Estado fomentará la creación de parques nacionales, reservas y refugios naturales, los cuales son inalienables. Una ley garantizará su protección y la de la fauna y flora que en ellos exista.»

Con el fin de hacer realidad estos principios constitucionales, mediante el **Decreto 4-89 del Congreso de la República de Guatemala**, se crea la Ley de Áreas Protegidas. El objetivo de esta ley es la conservación, protección y mejoramiento del patrimonio natural de la nación, lo cual se busca mediante la atención especial a determinadas áreas del territorio nacional, seleccionadas con criterio proteccionista de la diversidad biológica. Cobra interés aquí, el concepto de área protegida, el cual el **Artículo 7** de dicha ley, define así: «Son áreas protegidas, incluidas sus respectivas zonas de amortiguamiento, las que tienen por objeto la conservación, el manejo racional y la restauración de la flora y fauna silvestre, recursos conexos y sus interacciones naturales y culturales, que tengan alta significancia por su función o sus valores genéticos, históricos, escénicos, recreativos, arqueológicos y protectores, de tal manera de preservar el estado natural de las comunidades bióticas, de los fenómenos geomorfológicos únicos, de las fuentes y suministros de agua, de las cuencas críticas de los ríos, de las zonas protectoras de los suelos agrícolas, de tal modo de mantener opciones de desarrollo sostenible».

El **Artículo 8** clasifica las áreas protegidas para su administración y manejo, en: Parques nacionales, biotopos, reservas de la biosfera, reservas de uso múltiple, reservas forestales, reservas biológicas, manantiales, reservas de recursos, monumentos naturales, monumentos culturales, rutas y vías escénicas, parques marinos, parques regionales, parques históricos, refugios de vida silvestre, áreas naturales recreativas, reservas naturales privadas y otras que se establezcan en el futuro con fines similares, las que integran el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP). En el **Artículo 59** se crea el Consejo Nacional de Áreas Protegidas que depende de la Presidencia de la República, como órgano máximo de dirección y coordinación del sistema guatemalteco de áreas protegidas.

7) Legislación internacional. Esta sección servirá para establecer un criterio que no únicamente se adapte a la legislación de Guatemala, sino que también pueda sentar bases más fuertes y tenga referencia internacional en el tema de cuidado del medio ambiente. Aquí se estudiarán algunos de los tratados ambientales internacionales que se deben respetar por parte de la República de Guatemala y a su vez también se conocerán las bases de la ley ambiental en los Estados Unidos, lo que servirá para que más adelante se pueda crear un indicador más completo referente al tema de leyes ambientales.

a) Convenios Ambientales Internacionales. Guatemala participa en varios organismos de carácter mundial como la Organización de Naciones Unidas (ONU); en la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN); en la Organización Mundial de la Salud (OMS), y en otras regionales como la Organización de Estados Americanos (OEA), y en la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD).

Los convenios internacionales en materia ambiental y de recursos naturales firmados por Guatemala y ratificados por el Congreso de la República de Guatemala, desde 1921 a la fecha, han sido no más de cincuenta; sin embargo, son muy pocos los que se han implementado, o a los que se les ha dado seguimiento, aunque constituyan un marco legal importante para la gestión ambiental en el país. Algunos de los convenios internacionales en materia ambiental, donde participa Guatemala, más importantes se presentan a continuación:

1. Convenio de Basilea. Ratificado por El Salvador y Guatemala, trata el control de los movimientos transformativos de los desechos peligrosos y su eliminación. En este tratado podría entrar el tener el cuidado con el tratamiento que se le llegue a dar al combustible de aviones mucho más grandes que estarían llegando a Guatemala al querer aumentar la capacidad de vuelos para el nuevo aeropuerto. Este tratado fue adoptado el 22 de marzo de 1989 en Basilea, Suiza; y aprobado en Guatemala por medio del Decreto número 3-95 del Congreso de la República de Guatemala.

2. Convención CITES. Ratificada por todos los países CAFTA-DR (Dominican Republic-Central America Free Trade Agreement o Tratado de Libre Comercio entre República Dominicana, Centroamérica y Estados Unidos de América). Trata sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora silvestres, firmada en Washington el 3 de marzo de 1973 y aprobada en Guatemala por medio del Decreto número 3-79 del Congreso de la República de Guatemala.

3. Convención sobre Cambio Climático. Ratificado por todos los países CAFTA-DR, trata de los cambios climáticos de la tierra y sus efectos adversos, aprobada en Guatemala por medio del Decreto número 15-95 del Congreso de la República de Guatemala.

4. Protocolo de Kyoto. Ratificado por todos los países centroamericanos y la República Dominicana, es un acuerdo que tiene por objeto reducir las emisiones de seis gases efecto invernadero que causan el calentamiento global, entre ellos el dióxido de carbono (CO₂).

Las emisiones de este gas, por parte de aviones mucho más grandes será un aspecto a considerar para respetar este acuerdo, ya que con un aeropuerto internacional con la idea de recibir más turismo, la llegada de más vuelos y vuelos más grandes será algo inminente, lo que generará un aumento en la emisión de este gas; por lo que será un problema ambiental a tomar en cuenta, al cual debe de encontrarse una medida de mitigación para respetar este acuerdo ambiental. Dado que la tala de árboles es un factor del aumento del CO₂, también se debe de considerar medidas de reforestación importantes para la tala de árboles que se lleve a cabo, y la creación de bosques protegidos como posible medida de mitigación para evitar mayores efectos por parte del CO₂ generado por la gran cantidad de aviones y los aviones de mayor tamaño que llegarán a la nueva locación del aeropuerto (*más adelante se estudiará con mayor profundidad el tema de los posibles problemas ambientales que pueda generar este proyecto y las medidas de mitigación que deban de llevarse a cabo*).

5. Protocolo de Montreal. Ratificado por todos los países CAFTA-DR, trata de sustancias agotadoras de la capa de Ozono. Este tratado internacional tiene como objetivo proteger la capa de ozono mediante el control de producción de las sustancias degradadoras de la misma. El tratado fue firmado el 16 de septiembre de 1987 en entró en vigor el 1 de enero de 1989.

6. Convenio sobre la Diversidad Biológica. Ratificado por los países de Centroamérica y República Dominicana, este tiene como objetivo principal la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa de los beneficios que se derivan de la utilización de los recursos genéticos, mediante un acceso adecuado a esos recursos y una transferencia apropiada de las tecnologías pertinentes, teniendo en cuenta todos los derechos sobre esos recursos, aprobada en Guatemala por medio del Decreto número 5-95 del Congreso de la República de Guatemala.

Otros convenios ambientales regionales (de carácter centroamericano), los cuales tienen como objeto el cuidado del medio ambiente, biodiversidad, cambios climáticos, manejo y conservación de los ecosistemas naturales forestales y desarrollo de plantaciones forestales o cualquier otro de este tipo; se enlistan a continuación:

- Convenio Constitutivo de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD)
- Convenio Centroamericano de la Biodiversidad
- Convenio Centroamericano de Bosques
- Convenio Regional sobre Cambios Climáticos
- Acuerdo Regional sobre Movimiento Transfronterizo de Desechos Peligrosos

Con lo estudiado se puede indicar que es al Estado a quien le compete velar por la protección del ambiente y el resguardo de los recursos naturales; con lo cual se observa la estrecha relación que mantiene este proyecto, de un nuevo aeropuerto; con el Gobierno de la República de Guatemala, por lo cual se observa que este es un proyecto de gran desarrollo y oportunidad para Guatemala.

b) Legislación Ambiental en Estados Unidos. La agencia federal más importante y la responsable de la protección del medio ambiente en los Estados Unidos es la Environmental Protection Agency o EPA por sus siglas en inglés. La obligación principal de la EPA es establecer e instrumentar estándares, así como monitorear y analizar el medio ambiente, conducir investigaciones ambientales y asistir a los estados en la instrumentación de sus programas de control de contaminación. La EPA tiene siete prioridades las cuales son:

- El tomar acción sobre el cambio climático
- El mejorar la calidad del aire
- El asegurar la seguridad de las sustancias químicas
- Limpieza de las comunidades
- El proteger las aguas estadounidenses
- El expandir la conversación sobre ambientalismo y trabajar para la justicia ambiental
- El desarrollar fuertes consorcios con estados y tribus (EPA, 2014)

En Estados Unidos, por cuestiones culturales e identidad de la nación, es mucho más relevante el tema ambiental que lo que se podría considerar en nuestro país. Las leyes en Estados Unidos son realmente respetadas y no se encuentran únicamente para cumplir algún tipo de protocolo internacional. En comparación la gran diferencia que se puede observar, más allá de entidades reguladoras o alguna norma vigente que pueda llegar a diferir, que obviamente llega a suceder por las diferencias geográficas, topográficas y dimensiones de las diferentes naciones, es que en Estados Unidos realmente le dan énfasis e interés al tema ambiental, mientras que en Guatemala no se le da la relevancia que se debería a este tema.

c) Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), es la institución internacional reguladora de las normas para la aviación civil internacional. Esta institución se encarga de autorizar y verificar que se cumplan todos los estándares mínimos que son requeridos para la aviación civil, desde certificar que un avión cumple con los requerimientos mínimos para poder ser utilizado hasta las normativas de cuidado ambiental que se debe tener en aeropuertos.

La OACI cuenta con varios volúmenes de normativas que deben de ser cumplidas; respecto al tema ambiental se encuentra el Manual de planificación de aeropuertos, utilización del terreno y control del medio ambiente (Doc 9184 AN/902). Esta norma habla básicamente de la utilización de la tierra, problemas ambientales generados por aeropuertos y sus medidas de control o mitigación. Dentro de esta norma se encuentran diferentes rubros para la gestión y cuidado del medio ambiente, las más importantes las se mencionaran a continuación:

- Atenuación del ruido
- Control de la contaminación del aire
- Control de la contaminación del agua
- Gestión de desechos

- Gestión de la energía
- Situaciones de emergencia ambiental
- Evaluación de las repercusiones ambientales de los proyectos aeroportuarios
- Gestión del medio ambiente

Estos son algunos de los temas de esta norma, específicamente para el tema ambiental, pero tiene otras normas específicas para diferentes temas relacionados con la gestión aeroportuaria. Estas normas son de aplicación internacional por lo que deben de ser tomadas en cuenta siempre que se quiera llevar a cabo algún proyecto aeroportuario, como lo es el caso de este proyecto.

E. Industria aeroportuaria en Guatemala

1. Aeropuerto Internacional La Aurora. Es el principal aeropuerto de Guatemala, actualmente cuenta con una pista activa de 2,987 metros de longitud con 60 metros de ancho y una calle de rodaje de 23 metros de ancho. Este se encuentra ubicado a 1,509 metros sobre el nivel del mar en la zona 13 de la Ciudad Capital.

Figura 40. Aeropuerto Internacional La Aurora



Fuente: Google Earth

a. Relación aeropuerto-ciudad. Guatemala es uno de los pocos países que cuentan con un Aeropuerto Internacional situado en la metrópoli. Así como la ciudad está en constante cambio y crecimiento, los aeropuertos se van transformando; los aviones cada vez tienen mayor capacidad, lo que conlleva a que tengan un mayor tamaño, necesiten pistas más grandes y con mejor tecnología. La demanda turística crece año con año y las importaciones y exportaciones cada vez son mayores, es por esto se necesitan mejor infraestructura para las llegadas y salidas de los pasajeros y la carga aérea. Es necesario que los aeropuertos cuenten con mayor área a sus alrededores para crecer no únicamente en su terminal sino en todos los aspectos como la longitud de pista y el área de hangares.

La aviación es un medio de transporte muy eficiente, tomando en cuenta los factores de tiempo y distancia versus costo. Para poder acceder los diferentes aeropuertos se utilizan varios medios de transporte, los más utilizados en Guatemala es el servicio de taxis, transporte urbano (buses) o automóviles particulares; en otras ciudades se acostumbra a utilizar subterráneos o trenes. El tener un aeropuerto en la Ciudad Capital es una comodidad para una gran parte de los turistas, empresarios y/o pasajeros en general, ya que esto disminuye la distancia y costos de traslado hacia el mismo. Al mismo tiempo, se encuentra en un punto céntrico para la movilización de mercancías pero esto aumenta el tráfico de transporte pesado dentro de la ciudad.

La Ciudad de Guatemala cuenta con una restricción de tráfico pesado de lunes a viernes de 5:30 a 9:00 y de 16:30 a 20:30 horas, según el Artículo 9 del Reglamento de Tránsito, Acuerdo Gubernativo número 273-98. Esto afecta negativamente a la carga que ingresa y sale del país por vía aérea ya que esto detiene el tráfico de mercancías dentro de la ciudad y se debe tener un mejor manejo de tiempos en el traslado de los productos para no tener que detenerse en lo que termina la restricción.

El aeropuerto ubicado en la Ciudad Capital se convierte en una limitante para la infraestructura de la misma. En Guatemala, diversas zonas se ven afectadas debido a que se encuentran dentro del cono de aterrizaje del aeropuerto y sus edificios no pueden sobrepasar de cierta altura; actualmente esto afecta a las zonas 1, 9, 10, 13 y 14. Las normas y criterios de autorización de alturas máximas para edificaciones nuevas en la ciudad de Guatemala están restringidas por aeronáutica civil.

Los accidentes aéreos se pueden dar por diversas razones pero generalmente traen graves consecuencias y generalmente ocurren a bajas alturas, durante el aterrizaje o el despegue. A pesar de que en Guatemala se han registrado pocos accidentes aéreos, el hecho de que un aeropuerto se encuentre dentro de la ciudad, en el caso que una aeronave se estrelle sobre la ciudad aumenta la posible cantidad de víctimas.

Figura 41. Accidente aéreo Aeropuerto La Aurora vuelo chárter Cubana de Aviación 1216. Guatemala, 21 de diciembre 1999.



Fuente: <http://aviation-safety.net>

Figura 42. Accidente aéreo Aeropuerto La Aurora vuelo 510 de TACA. Guatemala, 6 de abril de 1993.



Fuente: <http://aviation-safety.net>

b. Historia. El Aeropuerto Internacional La Aurora tiene este nombre pues está ubicado en lo que una vez fue la finca La Aurora. Este se encuentra dentro la zona 13 de la ciudad capital. Es el aeropuerto principal de Guatemala, pues es el que maneja la mayor parte de las rutas internacionales. El segundo aeropuerto más importante es el Aeropuerto Internacional Mundo Maya, el cual se considera como un aeropuerto más regional. El Aeropuerto Internacional La Aurora es administrado por la Dirección de Aeronáutica Civil, la cual es una entidad que estatal y se encarga de todos los procesos aéreos a nivel nacional.

Un dato curioso es que La Aurora es el aeropuerto más alto de Centroamérica, es decir, que es el aeropuerto que se encuentra a mayor elevación a nivel del mar (1,509 msnm). Esto muchas veces es problema para los pilotos de las aeronaves, pues gracias a la alta elevación del aeropuerto, se crea una densa neblina que dificulta mucho la visibilidad. Esto muchas veces ha sido una razón para que se cierren labores temporalmente y se atrasen vuelos, pues la niebla imposibilita la visibilidad, lo cual puede causar accidentes.

En 14 de abril de 2005, el gobierno de Guatemala inició el proceso de modernización de todo el sistema en el aeropuerto, enfocándose principalmente en mejorar la infraestructura y seguridad operacional del mismo. El Proyecto de Ampliación, Remodelación y Modernización del Aeropuerto Internacional La Aurora, se convierte en el símbolo de todo este proceso, que en conjunto se ha denominado PLAN NUEVA AURORA, el cual empezó con el desarrollo de un esquema integral de asesoría internacional conducido por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). En el año 2005 se comenzó un proceso de remodelación, pues el aeropuerto contaba únicamente con 8 de puertas de abordaje. Actualmente el aeropuerto cuenta con 22 puertas de abordaje. Esta remodelación se realizó con la intención de incrementar la demanda del tráfico aéreo.

A lo largo de la historia del aeropuerto, se han cancelado servicios, y muchos de estos por las condiciones de la pista de aterrizaje y la ubicación del aeropuerto. Algunos de los servicios cancelados son con las siguientes aerolíneas:

- KLM (Mexico DF-Amsterdam Schipol)
- Mexicana de Aviación (Quebró)
- United Airlines (Los Ángeles)
- US Airways
- Cubana de Aviación

c. Aspecto funcional. El aeropuerto se distingue por su funcionamiento en un concepto de edificio en espigón, y se caracteriza por una configuración típica de calle y terminal a dos niveles. En él prevalecen los grandes corredores en los cuales se encuentran todas las puertas de embarque y donde todos los aviones se estacionan. El edificio principal, o central, está compuesto por cuatro niveles. En éste se encuentran las bodegas de almacenamiento de equipaje y mercancías confiscadas por aduana, ductos de instalaciones, cuarto de máquinas y de control de seguridad. (Santiago, 2010)

«El primer nivel comprende las áreas de operaciones aeronáuticas de ingreso o llegada de pasajeros nacionales e internacionales, el salón protocolario, primeros auxilios, fajas de maletas y algunos comercios. El segundo nivel integra toda la parte administrativa del aeropuerto, áreas comerciales, oficinas de migración, y aduanas. También se cuenta en esta nivel con salas de espera de abordaje nacional e internacional, puestos de registro y rayos x. El tercer nivel se ocupa de las líneas aéreas, pago de tasas aeroportuarias, oficinas administrativas y de un gran vestíbulo por donde ingresan los pasajeros de salida, para luego conducirse a un segundo nivel de operaciones aeronáuticas de registro. Por último el cuarto nivel se identifica por ser plenamente un área pública, en donde hay restaurantes, comercios y áreas de mesas.» (Santiago, 2010)

d. Limitantes. El tema del aeropuerto en Guatemala siempre se ha prestado a la polémica, pues diversos participantes de las instituciones público/privadas se enfrentan con opiniones encontradas acerca del tema. Muchos de los problemas surgen por la ampliación del aeropuerto. Unos alegan que fue una muy buena inversión, con impacto muy positivo para el país; mientras otros se quejan diciendo que lo mejor era abrir uno nuevo, en un lugar más alejado de la ciudad capital. Así mismo también han ocurrido incidentes trágicos en La Aurora, pues es de los pocos aeropuertos de primera categoría del mundo que se encuentra dentro del casco urbano, y en este caso en particular, la ciudad capital. Esto ha ocasionado colisiones de aeronaves en viviendas de la zona 13. Este fenómeno también repercute a la ciudad, pues gracias a que el aeropuerto está tan cercano a los centros económicos del país, no es permitida la construcción de rascacielos, para no interferir con el cono de aproximación de la pista de aterrizaje/despegue. (Santiago, 2010)

e. Ideas de traslado. El Gobierno guatemalteco no ha descartado la idea de contar para el año 2015 con un nuevo aeropuerto internacional. Ya que el nuevo aeropuerto se encuentra en una ubicación un tanto peligrosa, y la altitud de este no ayudase están comenzando los estudios técnicos de factibilidad, costos y ordenamiento territorial.

En el lado este, a la altura del kilómetro 89 de la autopista Escuintla- Puerto Quetzal, se han localizado los terrenos que se seleccionaron como el área más propicia para construir esta gran obra de infraestructura, según la Unidad Ejecutora del Proyecto del Nuevo Aeropuerto Internacional (UNEPR). La inversión necesaria para construir el nuevo aeropuerto es de US\$600 millones sin incluir el valor de los terrenos que deben comprarse a privados. Terrenos de al menos nueve fincas privadas deberán ser comprados para que se logre la construcción de las nuevas instalaciones del aeropuerto en el municipio de Masagua.

La mayoría de los planes de reubicación del aeropuerto se inclinan hacia lo que es la Costa Sur del país. Esto principalmente por la carretera, que se encuentra actualmente en un muy buen estado a comparación de otras. El problema es que la Costa Sur presenta algunas dificultades que no se han puesto en discusión, como por ejemplo la cercanía a los volcanes de Pacaya y Fuego. Una erupción de cualquiera de estos volcanes activos, con la ayuda de los vientos, pueden provocar que la ceniza llegue a dañar los motores de las aeronaves, donde se perderían millones solo en reparaciones. También existe el problema de la quema de la caña de azúcar, que es el principal cultivo de la zona. Esto también puede llegar a repercutir en las aeronaves causando daños a las mismas. Es preciso que se indague más en el tema para que si se llega a reubicar el aeropuerto, sea en una zona más apta para su operación.

f. Contexto. Según Luján, en su libro *La Historia General de Guatemala*, afirma que «la aviación y el pasado de nuestro aeropuerto internacional se puede decir que tuvo sus inicios con el primer vuelo, el cual se realizó en el año 1911 por Alberto de la Riva. Este mismo año fue muy importante, no solamente por esto, sino también porque se celebró la semana de la aviación por los pilotos emblemáticos de la época Paul Wyss Francois Durafour. Otro personaje importante en la historia aeronáutica del país fue Dante Nannini, pues fue de los primeros aviadores del país. Luego de unos años, en 1914 se fundó lo que fue la primera academia de aviación en el país. Esta realmente no tuvo mucho éxito, pues este no era un tema popular en el momento. Es por esto que la academia duró muy poco tiempo». (Luján, 1993) Mientras la aviación fue creciendo de popularidad, la academia reabrió sus puertas al público 4 años más tarde. Esta tuvo lugar en lo que es ahora el campo de marte, situado en la actual zona 10 de la capital guatemalteca. (Luján, 1993)

«Años más tarde, en 1921, el presidente del momento Carlos Herrera, comenzó por tratar de reorganizar al ejército de Guatemala. Esto lo llevó a contratar a una misión francesa la cuál poseía amplio conocimiento en el tema de la aviación. Esto trajo consigo la creación y fundación de la Escuela de Aviación Nacional en junio de ese mismo año. El director de este proyecto fue el piloto y aviador Fremont. El diseño de este complejo fue realizado por el ingeniero en aeronáutica Edgar Jeanneau. Este último, al terminar la misión, se quedó en el país para dirigirla utilizando para esto dos aviones Avro-504 (avión biplano utilizado

ampliamente en la Primera Guerra Mundial), bautizados Morane y Nieuport. Los primeros alumnos de Jeanne fueron el teniente Miguel García Granados y el capitán Óscar Morales López». (Morales, 2008)

En septiembre de 1821, gracias a las ideas de Morane y Nieuport, se construyó el campo de aviación en la Finca Nacional La Aurora (actual ubicación de la pista del Aeropuerto Internacional La Aurora). Por estos tiempos, se venía también un acontecimiento importante, que era la venida del aviador inglés Lamb. El aterrizaje de este aviador en Guatemala era de suma importancia, pues él traía consigo un ejemplar del texto completo de la Constitución Federal. Las noticias al final no fueron muy buenas, pues el avión que venía del Salvador nunca logró despegar por deterioros en uno de los motores. (Morales, 2008)

Es importante mencionar que la pista usada en esos tiempos era una pista de tierra apelmazada, y aunque se creaban grandes polvaredas al momento de despegue o aterrizaje, fue sede del primer vuelo internacional, en octubre de 1922. Este vuelo tenía destino a hacia la capital salvadoreña. Luego de esto, la cantidad de vuelos aumento sus destinos, tanto de llegadas como de salidas. Todas estas se delimitaban exclusivamente a países centroamericanos. Estos hechos se llevaron a cabo en el gobierno de José María Orellana. (Luján, 1993)

«Un suceso fue de gran impacto al país fue la flota área que venía de El Salvador realizando vuelos de exhibición que jamás habían sido vistos por el público guatemalteco. Popularizó aún más la creciente fama de la aviación en Guatemala. Esta visita de la flota salvadoreña fue un evento celebrado con gran fiesta y banquete, al cual también asistieron personas importantes pertenecientes a la aeronáutica estadounidense, entre otros. El despegue de la flota de pilotos salvadoreños fue despedida como un gran evento al día siguiente en el campo marte. A todos los pertenecientes a esta flota se les concedió la medalla de oro y condecorados con otras menciones honoríficas importantes. Como resultado de esto, se promovió una iniciativa por parte de la iniciativa privada con la ayuda del gobierno para poder comprar el primer aeroplano del país para la aeronáutica civil. Este tuvo un costo de US\$5,000». (Morales, 2008).

«En el gobierno del ex presidente Lázaro Chacón, se construyeron los primeros hangares a costados de la pista aérea. Estos estaban destinados para uso de la aviación nacional. Estaban localizados en su mayoría en lo que es el costado oeste de la pista, actual Avenida Hincapié. En octubre de 1929 Guatemala recibió por segunda vez la visita del coronel Charles Lindbergh. El coronel venía acompañado por directivos y parte de la junta directiva de la aerolínea estadounidense Pan American Airways. Su viaje tenía el propósito de realizar estudios para verificar si era viable la apertura de nuevas rutas aéreas entre diferentes ciudades de Estados Unidos y Guatemala. El resultado de este estudio tuvo un resultado muy positivo para Guatemala, pues en noviembre de ese año se inauguró el primer servicio de itinerario fijo de la compañía aérea americana». (Luján, 1972)

«La construcción de la Terminal Aérea del Aeropuerto La Aurora, se inició en el mes de Octubre del año de 1935, bajo los auspicios de la misma empresa americana mencionada, Pan American Airways, durante el gobierno de Jorge Ubico. La ejecución y diseño de este proyecto estuvo a cargo del Arquitecto Rafael Pérez de León. La obra concluyó un año después, en noviembre de 1936. Su inauguración fue en la feria de noviembre de ese mismo año, en el día del Cumpleaños de Jorge Ubico. El auspicio de la Línea Americana se hizo en varios países centroamericanos, tanto en honduras como en Costa Rica y es a esto que

se debe que tanto los aeropuertos de estos países como el Antiguo Aeropuerto la Aurora, guarden estrecha similitud». (Luján, 1972)

«Los comienzos de la Segunda Guerra Mundial fueron el motivo principal para la construcción de nuestro aeropuerto. Alrededor del año 1940 los Estados Unidos comenzaron por expandir sus horizontes en cuanto a bases militares alrededor del mundo, y Guatemala no fue la excepción. Se comenzaron a construir nuevos puertos aéreos en puntos clave que pudieran servir como mecanismo de defensa y agilización de procesos militares en caso de que la guerra se intensificara. Por estas razones, se construyó una base aérea en la que era antes la llamada Finca La Aurora, ubicada en la actual zona 13 del país. En el año 1942, ya en tiempos de guerra, por orden del gobierno se construyó la primera pista pavimentada, que contó con 2000 metros de pavimento de concreto armado». (Luján, 1972)

En 1938 fue en este antiguo aeropuerto que aterrizó el famoso aviador francés Antoine de Saint-Exupéry. En su visita a Guatemala, el famoso aviador sufrió un accidente en la pista de aterrizaje, al despegar con su aeroplano el cual se encontraba cargado al máximo de combustible. El primer avión Jet comercial que aterrizó en el Aeropuerto La Aurora fue en el año 1959 de la Empresa Panavias. (Luján, 1972)

Este viejo Aeropuerto fue cambiado a nuevas instalaciones, quedando su uso a la Fuerza Aérea de Guatemala, con lo que se le dio paso al proyecto CETALA, para la construcción de un nuevo aeropuerto en el mes de abril de 1965 durante el gobierno Enrique Peralta Azurdia el cual se inauguró el 10 de diciembre de 1968 en el gobierno de Julio César Méndez Montenegro. (Cabrera y Roncal, 2001) El Aeropuerto Internacional La Aurora, en un tiempo fue el aeropuerto con mayor tránsito aéreo de Centroamérica y el Caribe. Bajo el Decreto No.81-98 del Congreso de la República y también por el acuerdo legislativo del Ministerio de Cultura y Deportes del 13 de agosto de 1998, fue reconocido como "Patrimonio Histórico y Cultural de la Nación", lo que indica que es un proyecto de mucha importancia para la historia de nuestro país. (Cabrera y Roncal, 2001)

El proyecto y construcción de este Aeropuerto Internacional La Aurora fue diseñado por los arquitectos Guillermo Mendoza y Elvin Farrington. Luego en el diseño del exterior de este, formó parte el fallecido artista Efraín Recinos, quién le dio un toque peculiar y único a la fachada exterior y parte de interiores de la obra. Las estructuras fueron hechas en conjunto por los ingenieros Pablo Gutiérrez y Roberto Zepeda. Esta primera remodelación y nueva construcción de la terminal aérea tuvo un costo total de más de 4 millones de quetzales. (Cabrera y Roncal, 2001)

g. Remodelación. Varios años después, el gobierno de Oscar Berger en el año 2005 se inició el último proceso de remodelación del aeropuerto. Este tenía como propósito principal la modernización del mismo y la ampliación de puertas, pues en ese entonces solo se contaba con 8 puertas de abordaje. La intención era ampliar la cantidad de aviones y vuelos en Guatemala. Los procesos se enfocaron, así mismo, en mejorar la infraestructura y seguridad operacional del aeropuerto.

El proyecto fue denominado como Plan Nueva Aurora. Este comenzó con desarrollar un nuevo esquema de asesoría internacional, el cuál fue dirigido por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). (Aviación Latinoamericana, 2013) Actualmente el aeropuerto cuenta con 22 puertas de abordaje y se mejoró la capacidad de atención de la demanda de Tráfico Aéreo y pasajeros para los próximos 10 años, además de contar con la certificación de un Plan Maestro de ampliaciones y acciones que cubran la demanda de los próximos 25 a 30 años en total (Aviación Latinoamericana, 2013)

El tercer nivel ahora cuenta con un Total de 100 mostradores de facturación dobles (200) para que las líneas aéreas puedan atender a sus pasajeros con comodidad y eficiencia, manejados por un sistema computarizado de última tecnología que asigna el número de posiciones que la línea aérea necesita en ese momento, logrando así que la utilización de este sistema sea del 100% garantizado las 24 horas del día (Aviación Latinoamericana, 2013)

Se instalaron 10 Nuevos Elevadores de Pasajeros y 1 Elevador Especial para Carga, sumando a la instalación de 14 escaleras eléctricas para habilitar una utilización moderna y eficiente de las instalaciones. Así mismo, se habilitaron el Aeropuerto facilidades para uso especial para personas con discapacidades físicas, adaptando todos los diseños a la normativa Internacional en ese sentido. Ahora son 3000 m² que tiene el área disponible para espacios comerciales y tiendas duty Free. 2000 m² es el área total de recepción de pasajeros que ingresan al país en el primer nivel, con 9 puertas de salida dobles a lo largo de 100 metros de ancho, haciendo esta operación más segura y cómoda. (Aviación Latinoamericana, 2013)

También se mejoró la limpieza general y se instaló un nuevo sistema de iluminación de alta intensidad en los exteriores del área de acceso en el 3er Nivel del Edificio Terminal. Se habilitaron áreas para compra y puesta en funcionamiento de una 3era Máquina de Rayos X en el acceso al área de salidas internacionales, y así lograr un acceso más seguro y eficiente de pasajeros. Hubo instrucción y certificación por parte de expertos de OACI, de la primera promoción en la historia de agentes y supervisores de seguridad aeroportuaria (AVSEC), para brindar a los usuarios un mejor nivel de atención integral en seguridad personal dentro de las instalaciones, y dar un paso importante en el proceso de certificación (Aviación Latinoamericana, 2013)

Se elaboró un estudio completo en las áreas financiera, legal, económico-comercial y de pre-certificación del aeropuerto, para elevar sus procedimientos y actividades a una categoría de atención competitiva a niveles de estándares internacionales. También se construyó un edificio de estacionamiento de 3 niveles con capacidad de atención simultánea de 480 vehículos, y un acceso techado a través de rampas y puentes, ampliando el tránsito vehicular, tanto en el 1ero como 3er nivel del Edificio Terminal, para desembarques y embarque de pasajeros, con eficiencia, comodidad y cumplimiento de estándares internacionales. (Aviación Latinoamericana, 2013)

2. Aeropuerto Internacional Mundo Maya. Este aeropuerto se encuentra ubicado en el departamento de Petén. Tiene una pista de 3,000 metros de longitud con 45 metros de ancho y se encuentra a una altura de 27 metros sobre el nivel del mar. Este es el único aeropuerto a nivel nacional que se puede considerar como un aeropuerto alternativo en horario nocturno, ya que cuenta con la iluminación necesaria para que se puedan realizar aterrizajes a cualquier hora del día.

Figura 43. Aeropuerto Internacional Mundo Maya



Fuente: Google Earth

3. Aeropuerto de Puerto Barrios. Es el tercer aeropuerto más grande de Guatemala y se encuentra ubicado en la bahía de Amatique, Izabal. Posee una pista de asfalto de 2680 metros de longitud y se encuentra a una altura de 10 metros sobre el nivel del mar. Este aeropuerto también es operado y administrado por la Dirección General de Aeronáutica Civil de Guatemala.

Figura 44. Aeropuerto de Puerto Barrios, Izabal



Fuente: Google Earth

4. Aeropuerto del Puerto de San José. Es un aeropuerto público y militar, se encuentra en la costa del pacífico en Escuintla. Posee una pista de aterrizaje asfaltada de 2,010 metros de longitud y se encuentra a una elevación de 7 metros sobre el nivel del mar.

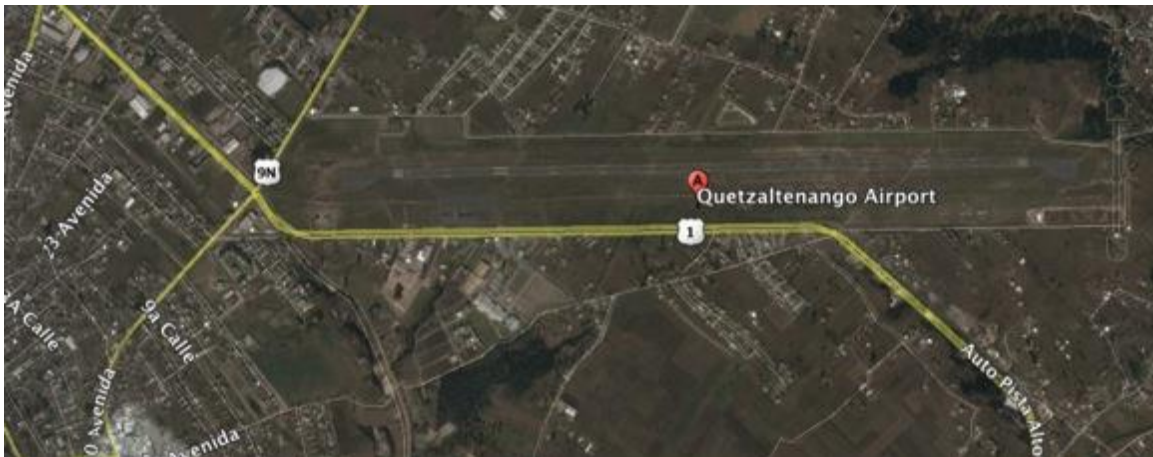
Figura 45. Aeropuerto del Puerto de San José



Fuente: Google Earth

5. Aeropuerto de Quetzaltenango. El aeropuerto de Quetzaltenango fue inaugurado en el año 2007 y se localiza en las proximidades de la cabecera municipal. Posee una pista de asfalto de 2,222 metros y se encuentra a una altura de 2,375 metros sobre el nivel del mar.

Figura 46. Aeropuerto de Quetzaltenango



Fuente: Google Earth

6. Aeropuerto de Retalhuleu. Este aeropuerto tiene una pista de asfalto de 1,544 metros de longitud y 30 metros de ancho y se encuentra a una elevación de 200 metros sobre el nivel del mar.

Figura 47. Aeropuerto de Retalhuleu



Fuente: Google Earth

Figura 48. Ubicación de los principales aeropuertos de Guatemala



Fuente: Google Earth

F. Impactos de la construcción de un aeropuerto

«Un mismo aeropuerto y los servicios que allí se prestan podría tener un impacto diferente si se instala en una gran metrópolis o una ciudad pequeña.» (Lipovich, 2009) La construcción o desarrollo de una infraestructura aeroportuaria traerá consigo diversos cambios que pueden afectar ya sea positiva o negativamente al entorno en donde se encuentre. En la gestión de proyectos, es importante determinar los involucrados e impactos en el proyecto, entre estos se pueden nombrar impactos directos e indirectos, los cuales se amplían a continuación:

1. Impactos directos

a. Impactos positivos en el transporte aéreo. Lipovich (2009) menciona algunos impactos directos positivos en la construcción de los aeropuertos a nivel mundial, entre los cuales se pueden enumerar, el incremento de la conectividad y accesibilidad, la creación de puestos de empleo y la generación de valor agregado, es decir, el aumento de los ingresos en la región. Los impactos directos son los que se observan a escala urbana, en este caso, en el mismo departamento o municipio donde está funcionando el aeropuerto. Desde que la obra se encuentre en construcción hasta que esté en su total funcionamiento, uno de los impactos directos más significativo es la creación de puestos de empleo. Estos puestos de empleo pueden aplicarse a trabajadores en el área donde estará ubicado el aeropuerto y puede ampliarse hasta municipios y departamentos vecinos. Una de las razones principales por las cuales se plantea la idea de construir un nuevo aeropuerto Internacional en la República de Guatemala es incrementar el número de operaciones, la cantidad de pasajeros y por consiguiente, el número de empleos directos e indirectos durante la etapa de construcción y la etapa de funcionamiento del mismo.

En los alrededores de un nuevo aeropuerto, crecen nuevas áreas y oportunidades de comercio que también brindan fuentes de empleo y aumentan los ingresos de la región. Se desarrollan actividades económicas paralelas como lo son la industria hotelera, restaurantes, centros comerciales, bodegas, entre otros. El desarrollo del turismo en los sitios cercanos al aeropuerto es otro de los impactos económicos importantes, ya que en el caso que el aeropuerto sea un “Hub” para una aerolínea, algunas personas que viajan en tránsito, es decir, haciendo escala para llegar a su destino final, pueden visitar diferentes lugares turísticos o ya sea centros comerciales que se encuentren cercanos al aeropuerto. Estos lugares deben ser cercanos debido al poco tiempo con el que cuentan los viajeros.

El concepto de “Ciudad Aeropuerto” según la OACI indica como los grandes aeropuertos tienen ciertas características de las grandes ciudades. Aquí se prestan servicios no aeronáuticos que la llevan a ser más que únicamente proveedoras de empleo sino que atraen a una gama de empresas a sus alrededores y se vuelven un centro de actividad económica. «Los aeropuertos modernos están convirtiéndose en lugares de encuentro y un destino por derecho propio, como prueba el hecho de que las empresas organicen sus reuniones de negocios en los aeropuertos o cerca de ellos para rentabilizar al máximo el valioso tiempo de sus ejecutivos». Es por esto que muchas cadenas hoteleras se sitúan en los alrededores de los mismos y prestan servicios de habitaciones, conferencias y comidas.

El desarrollo económico de un país que brinda un aeropuerto está atado a la infraestructura de carreteras y conectividad que existe entre los diferentes sectores para poder permitir el transporte de productos y mercancías. Un aeropuerto es el punto donde se transbordan como importación o exportación los productos que ingresan y egresan del país, lo que implica una necesidad de movilización desde y hacia el sitio. Es por esto que la movilización de un aeropuerto a las afueras de la Ciudad Capital, implicaría una inversión adicional por parte del estado para mejorar la conectividad del sitio. El área donde se encuentre el aeropuerto se volverá un sitio céntrico para la carga y los pasajeros.

Otro aspecto es que el ubicar un aeropuerto en alguna zona es que, debido al crecimiento de la infraestructura a su alrededor, se da un aumento en el precio de las tierras. La construcción de infraestructura aumenta los ingresos por las licencias municipales lo que se convierte en un impacto económico directo hacia el departamento y municipio en el cuál será situado. Además cerca de los aeropuertos se establece un número de zonas francas que pueden albergar depósitos aduaneros y almacenes que prestan servicio a las tiendas libres de impuestos y si bien estas zonas gozan del privilegio de la exención de impuestos a los artículos, se crean acuerdos comerciales con el Estado para los bienes que se producen.

Figura 49. Principales áreas de zonas francas en Guatemala



Fuente: <http://www.clisanjorge.com>

b. Impactos negativos en el transporte aéreo. El crecimiento del sector económicamente, el aumento de los puestos de empleo, el aumento de turistas en el área y otros aspectos positivos son los principales argumentos que hacen que la construcción de un aeropuerto sea atractiva para algunos sectores del país; entonces, ¿Por qué existen algunos grupos que se oponen debido a que encuentran efectos negativos en esto?

La planificación aeroportuaria implica tratar de minimizar los impactos negativos que pueda traer un aeropuerto a las localidades vecinas. Los vuelos con carga generalmente aterrizan a altas horas de la noche, por lo que una de las incógnitas de los aeropuertos es ¿Cómo permitir que esto suceda sin que el ruido pueda afectar a los habitantes de la zona? Cada aeropuerto busca tener un alto número de salidas y llegadas, ¿Es posible lograrlo sin afectar al ambiente? ¿Siempre habrá impactos negativos en los aeropuertos? Y ¿Cuál es la mejor forma de disminuirlos?

Los principales aspectos negativos que trae consigo el transporte aéreo son el ruido, la contaminación ambiental y la seguridad operacional. Conforme han pasado los años, se han estudiado diferentes formas de mitigar estos efectos negativos y debido a que el ruido es percibido directamente por los habitantes del lugar, Lipovich (2009) menciona diferentes propuestas para contrarrestarlo, como son: utilización de sistemas de aislación de sonido, compensaciones económicas para los habitantes de la localidad, utilizar aviones de bajo nivel sonoro y tener más de una pista para poder repartir los despegues y aterrizajes en ambas.

Es importante plantear soluciones para reducir los impactos negativos en las comunidades aledañas a los aeropuertos, una de estas es que la infraestructura aeroportuaria se construya en lugares alejados de las grandes ciudades para disminuir el número de posibles afectados. Es común que los aeropuertos gestionados por los gobiernos en las ciudades de los países en vías de desarrollo, la planificación priorice la cuestión económica sobre la ambiental. Una de las soluciones es la descentralización de los aeropuertos, de esta manera los aspectos negativos y positivos cambian de dimensión. (Lipovich, 2009)

1) Estudio de impacto ambiental. Para definir lo que es una evaluación de impacto ambiental es importante el primero conocer el termino de impacto ambiental. Según el Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental, Acuerdo Gubernativo 23-2003, el inciso g. y h. del artículo 3, Reformado por el Artículo 1 del acuerdo Gubernativo No. 704-2003 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de la República de Guatemala, define:

2) Definición de estudio de impacto ambiental. Cualquier alteración significativa, positiva o negativa, de uno o más de los componentes del ambiente, provocados por acción del hombre o fenómenos naturales en un área de influencia definida.

3) Impacto ambiental potencial. Efecto positivo o negativo latente que podría ocasionar un proyecto, obra, industria o actividad sobre el medio físico, biológico y humano. Puede ser preestablecido,

de forma aproximativa en virtud de la consideración de riesgo ambiental o bien de un proyecto, obra, industria o actividad similar que ya esté en operación.

Una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es un proceso de identificación, predicción, evaluación y mitigación de los efectos biofísicos, sociales y otros tipos de efectos relevantes de proyectos propuestos y actividades físicas que se realizan antes que las decisiones fundamentales se hayan tomado, y que los compromisos se hayan asumido.

El informe de la Evaluación de Impacto Ambiental identifica los problemas ambientales potenciales y las medidas para reducir los efectos ambientales adversos del proyecto. Los objetivos generales de la Evaluación de Impacto Ambiental son dos principalmente:

- Proveer a quienes adoptan decisiones con información sobre los efectos ambientales del proyecto propuesto, para permitir una decisión formada sobre si el proyecto debe ejecutarse.
- Producir proyectos ambientalmente adecuados.

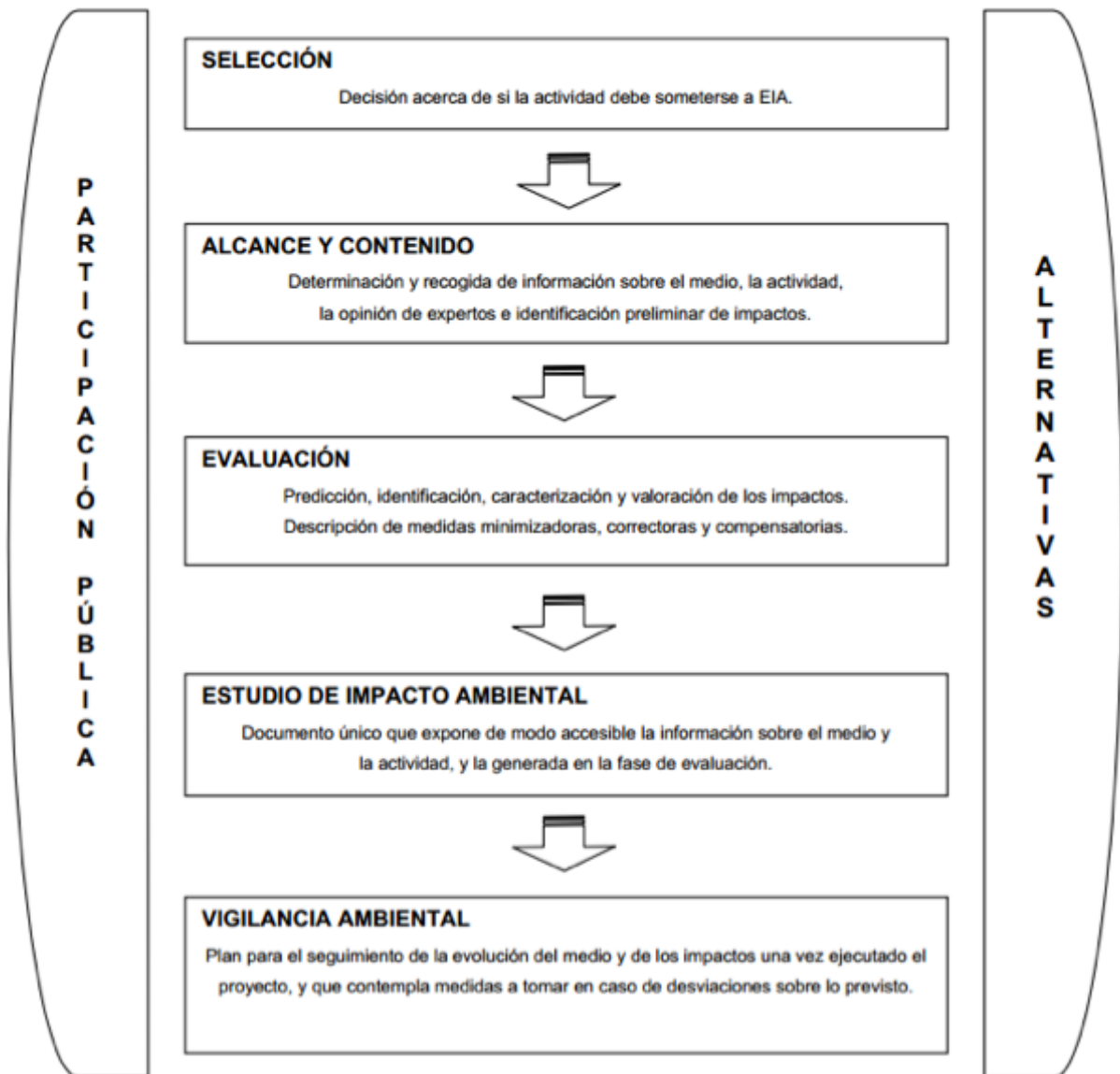
La Evaluación de Impacto Ambiental es el instrumento de evaluación ambiental aplicada a proyecto que más difusión ha alcanzado en todo el mundo; tal es así que unánimemente es reconocida hoy en día como una herramienta básica para la protección del medio ambiente.

El esquema metodológico de la Evaluación de Impacto Ambiental más general comprende cinco fases secuenciales (ver Figura 50):

1. Selección
2. Alcance y contenido
3. Evaluación
4. Estudio de impacto ambiental
5. Vigilancia ambiental

4) Puntos mínimos a evaluar en un Estudio de Impacto Ambiental. Es importante mencionar que un Estudio de Impacto Ambiental es un reporte complejo el cual analiza una gran serie de factores para una determinada región y da la pauta para la toma de una decisión de si un proyecto es o no es ambientalmente adecuado. Para el Estudio de Impacto Ambiental se toman en cuenta varios factores como que tan preparadas están las locaciones en el tema de drenajes, distribución de agua potable y captación de energía eléctrica, por mencionar algunos ejemplos, también se toma en cuenta la parte legal y las medidas de mitigación que se deben llevar a cabo para minimizar los efectos ambientales negativos que puedan llegar a generarse por un determinado proyecto si este llegara a llevarse a cabo.

Figura 50. Fases del proceso de la evaluación de impacto ambiental



Fuente: Lara Arreola, 2005.

Un Estudio de Impacto Ambiental debe contener:

- La descripción del proyecto o actividad.
- Un plan de cumplimiento de la legislación ambiental aplicable.
- El Perfil Ambiental o la Línea de Base general.
- Una descripción de aquellos efectos, características o circunstancias que son requisito según la Ley de Protección del Medio Ambiente que dan origen a la necesidad de efectuar un Estudio de Impacto Ambiental.
- La identificación, predicción y evaluación de los impactos ambientales del proyecto o actividad, incluidas las eventuales situaciones de riesgo.

- El plan de Medidas de Mitigación, Reparación y Compensación, y las medidas de prevención de riesgos y control de accidentes, si correspondieren.
- El plan de seguimiento de las variables ambientales relevantes que dan origen al Estudio de Impacto Ambiental.

5) Tipos de impacto ambiental

a) Impactos a corto y largo plazo. Los impactos a corto y largo plazo se clasifican dependiendo de su duración. La pérdida de pasto u otra vegetación herbácea podría considerarse como un impacto a corto plazo, mientras que la pérdida de un bosque maduro puede considerarse un impacto a largo plazo debido al tiempo que se necesitaría para reforestar el área y que los árboles lleguen a su madurez; lo que tomaría varios años.

b) Impactos positivos y negativos. Todos los efectos ambientales significativos, ya sean beneficiosos o no, deben recibir atención ya que estos forman la base para la comparación de opciones, inclusive la opción de no llevar a cabo algún proyecto. Dos ejemplos de este caso podrían ser:

- El aumento de infiltración y almacenamiento de agua en el suelo junto con la disminución de la escorrentía del agua superficial en los períodos de lluvia, se considerará como impacto positivo.
- Se considera como impactos negativos aquellos que interfieren en los períodos de nitrificación del suelo.

c) Impactos acumulativos. Son resultantes del incremento de la acción propuesta sobre algún recurso cuando se suman las acciones pasadas, presentes y aquellas razonablemente esperadas en el futuro. Por ejemplo se podrían mencionar los siguientes casos:

- Impactos en la calidad del agua debido a residuos que se combinan con otras fuentes de descarga o con desagües de diferentes puntos, a causa de la puesta en marcha de un proyecto municipal.
- Impactos de la calidad del aire, que resultan de la suma de emisiones industriales o comerciales que operan en la misma región geográfica.
- Pérdida y/o fragmentación de hábitat ambientales sensibles como: bosques, pantanos, tierras agrícolas, resultante de la construcción de desarrollos residenciales o comerciales independientes.

La evaluación de este tipo de impacto es difícil debido a la naturaleza especulativa de las acciones futuras posibles y las complejas interacciones a evaluar cuando se consideran los efectos colectivos.

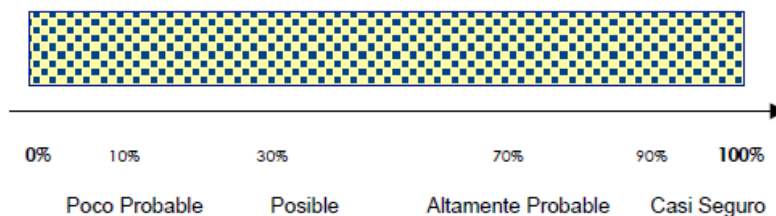
d) Impactos reversibles e irreversibles. La reversibilidad de un impacto se refleja en la posibilidad, dificultad o imposibilidad de retornar a la situación anterior, por acción sólo de mecanismos naturales. Un ejemplo podría corresponder a la presencia de partículas sólidas suspendidas en la atmósfera; en cambio, en la irreversibilidad, se verifica si la acción de los procesos naturales es incapaz de recuperar las condiciones anteriores, como sería el caso de la pérdida de suelos.

Para todos estos tipos de impactos ambientales se tiene una probabilidad de ocurrencia, estas probabilidades pueden ser:

- Poco probable, la ocurrencia que existe un impacto ambiental es baja.

- Posible, la acción podría provocar un impacto ambiental.
- Altamente probable, la acción puede provocar un impacto ambiental.
- Casi seguro, el porcentaje de su ocurrencia asegura un impacto ambiental potencial.

Figura 51. Probabilidad de impactos ambientales



Fuente: Lara Arreola, 2005.

6) Importancia de la realización de un Estudio de Impacto Ambiental. El estudio de impacto ambiental es una herramienta fundamental para la toma de decisiones respecto a si un proyecto es ambiental y socialmente sostenible. En la actualidad se vive una época en la que la parte ambiental ha tomado mucha fuerza en el campo de la construcción; la conciencia ambiental es un tema de mucha discusión por parte de la rama de la ingeniería civil. Este hecho se da dado que al realizar una construcción de cualquier tipo, el principal afectado es el ambiente y las sociedades a su alrededor, ya sea de forma positiva o negativa. Como se mencionó, dado que una construcción genera un gran impacto ambiental en la región donde se lleve a cabo, es importante medir, identificar y solucionar los problemas generados. La forma de realizar esto es mediante la herramienta de un estudio de impacto ambiental, además se debe tomar en cuenta que en la actualidad una construcción que no sea sostenible es básicamente un proyecto poco rentable por lo que es poco probable que se lleve a cabo. Estos aspectos le van dando una mayor importancia al estudio de impacto ambiental, ya que mediante ellos poco a poco se van corrigiendo los problemas; se encuentran soluciones viables para llevar a cabo los proyectos y estos se vuelven más rentables y atractivos financieramente para quienes los deseen llevar a cabo.

Dentro del contexto de la construcción de una nueva terminal aérea para Guatemala, existen diversos factores por los cuales se debe de llevar a cabo un estudio de esta índole. Para comenzar se debe de tomar en cuenta el impacto que genere la nueva construcción en términos de la biodiversidad de la región, refiriéndonos a esto con la flora y fauna que pueda existir en el lugar. Este sería un primer estándar para dar una idea de que tan viable es realizar el proyecto tomando en cuenta los planes de reforestación que se deberían de llevar a cabo y también que no existan problemas respecto a especies protegidas dentro de esta región.

La contaminación debe ser analizada, tanto el efecto del ruido que producen por los aviones generando contaminación auditiva, como la contaminación del aire también causada por los aviones. Dentro del tema de la región es muy importante el estar al tanto de la existencia de zonas protegidas, es imposible el llevar a cabo cualquier proyecto si la locación deseada fuese en una de estas zonas.

También es importante el considerar que tan preparada se encuentra la locación en terminos de drenajes, agua potable y captación de energía eléctrica. Estos tres temas pueden llegar a generar muchos otros gastos, independientes a la construcción del aeropuerto; y un correcto estudio de impacto ambiental puede evitar cometer el error de comenzar a construir en alguna locación la cual requiera de mucho trabajo en cualquiera de uno de estos tres aspectos o incluso en todos ellos. Un factor muy importante a tomar en cuenta también es el tema social, ya que si una población cercana al aeropuerto no está de acuerdo con que este proyecto se lleve a cabo, es muy complicado el poder realizarlo, se debe de trabajar con la población de la región y explicarles los beneficios que ellos obtendrán; todos estos estudios sociales se deben poder encontrar en el estudio de impacto ambiental, dentro del cual se debería de trabajar para llegar a estar de acuerdo con las personas de determinada región en la que se desee llevar a cabo la construcción de un nuevo aeropuerto.

Estos aspectos justifican la importancia que conlleva la realización de un estudio de impacto ambiental para un proyecto de esta índole. Es de suma importancia el poder mitigar cualquier aspecto que pueda generar algún impacto ambiental o social dentro de la construcción de un nuevo aeropuerto, además de saber cuáles son las necesidades de cada locación que va a ser tomada en cuenta, para poder tomar la decisión de que locación generará la menor cantidad de gastos posibles, independientes a la construcción del nuevo aeropuerto.

2. Impactos indirectos. Los impactos indirectos, resultado de los impactos directos, pueden manifestarse lejos del sitio o en un período de tiempo alejado a la actualidad. (Weitzenfeld). Lipovich (2009) menciona algunos de los impactos indirectos positivos como la intensificación de la integración económica o social de dos territorios, la mejora del clima de negocios e incentivación para la inserción de la economía global de un lugar. Cada nuevo vuelo es una conexión estratégica para un país. Se menciona como impactos negativos la influencia en el calentamiento global.

G. Situación de Guatemala

1. Condiciones topográficas

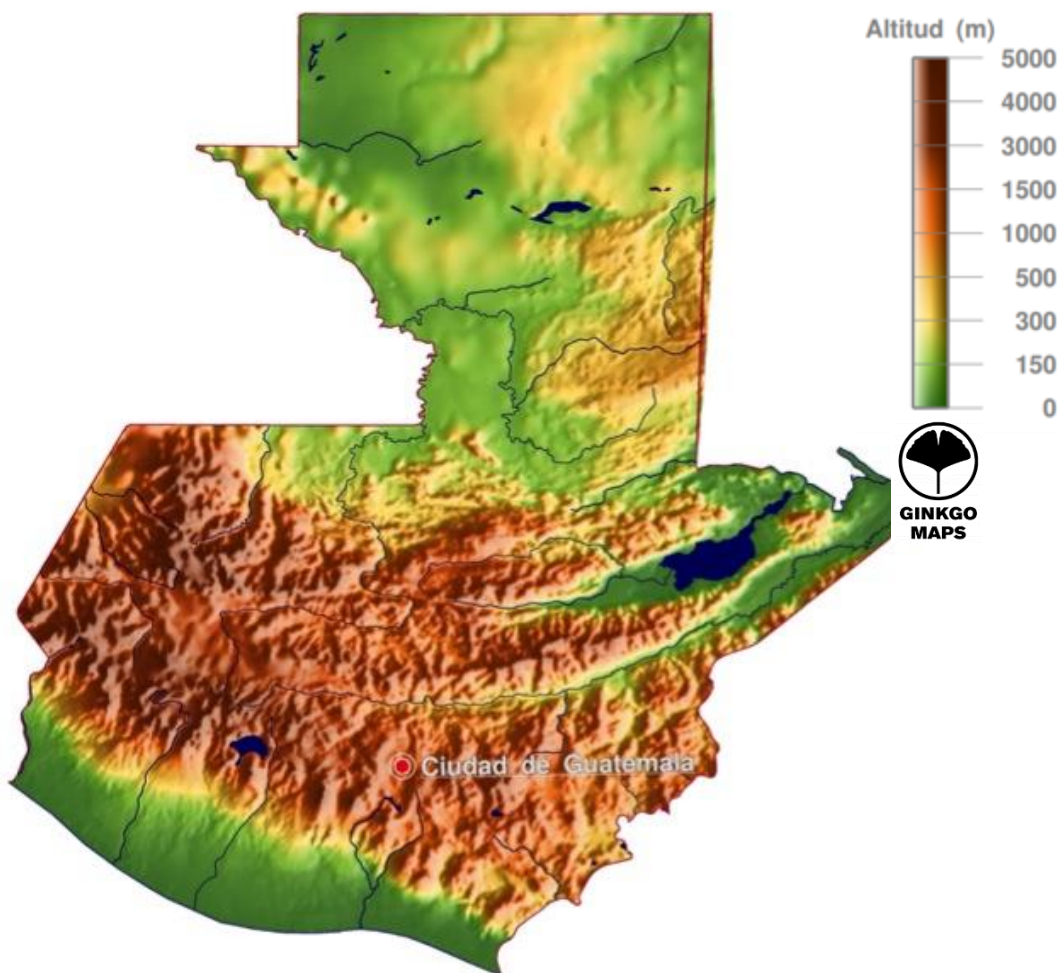
a. Topografía de Guatemala. Guatemala, por el relieve de las montañas, posee una gran variedad de climas, a pesar de que por su posición en el globo terráqueo debería ser un país de clima tropical. A esto también contribuye la presencia de los volcanes paralelos al litoral del pacífico, ubicados a una distancia entre 70 y 80 Km de las costas del Océano Pacífico (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 2001). Estos volcanes están alineados de noreste a suroeste, desde la frontera con México hasta El Salvador. Guatemala también cuenta con una diversidad de cerros y lomas que hacen que la topografía del país sea cambiante.

Las montañas de Guatemala, en gran parte se deben a la Cordillera de los Andes que atraviesa toda América, que al entrar en el país se divide en dos ramales. Uno de los ramales inicia en el departamento de San Marcos, formando el sistema de la Sierra Madre. El otro ramal inicia en el departamento de Huehuetenango, formando el sistema de los Cuchumatanes. A continuación se describen los dos ramales:

1) Sierra Madre. Atraviesa el país de occidente a oriente, paralelamente al Océano Pacífico con distancias que oscilan entre 70 a 80 Km del litoral. Inicia en el departamento de San Marcos y cruza los departamentos de Quetzaltenango, Totonicapán, Sololá, Chimaltenango, Sacatepéquez, Guatemala, Santa Rosa, Jutiapa, Jalapa y Chiquimula. La parte central de este sistema de montañas está formada por planicies altas, también llamado altiplanicie central de la República. En estas planicies están ubicadas las ciudades más del país, como los son la ciudad de Guatemala, Antigua Guatemala, Sololá, Quiché, Chimaltenango, San Marcos, Huehuetenango y Quetzaltenango (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 2001).

2) Sierra de los Cuchumatanes. Este sistema de montañas atraviesa el país desde la frontera con México hasta el Océano Atlántico. Pasa por los departamentos de Huehuetenango, Quiché, Alta Verapaz e Izabal. El Valle del Río Negro o Chixoy divide este sistema de montañas en dos grupos: Los Cuchumatanes al Occidente y las montañas de Verapaz al Oriente (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 2001).

Figura 52. Mapa de topografía y relieve de sombreado de Guatemala.



Fuente: *Ginkgo Maps*, 2014

b. Medios de referencia y sistemas de información geográfica

1) Cartografía oficial del Estado. El Instituto Geográfico Nacional (IGN) es una dependencia del ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Según el Acuerdo Gubernativo 114-99, corresponde a esta división procesar, actualizar, normar, revisar, certificar y dictaminar sobre toda la información cartográfica en la cual se representa al territorio nacional en forma general o parcial de índole topográfico o temático (Instituto Geográfico Nacional, s.f.). El IGN es una institución de carácter técnico científico que provee los servicios y productos con respecto a la geografía y cartografía de Guatemala, garantizando información confiable para la investigación, planificación y monitoreo, para el desarrollo del país a nivel público y privado.

De acuerdo a las normas internacionales es recomendable actualizar la información cartográfica a cada 5 años. Actualmente el IGN ha realizado la actualización cartográfica de todo el territorio nacional y cuenta con 259 hojas cartográficas a escala 1:50,000. En cuanto a la precisión de las curvas de nivel, estas se pueden conseguir a cada 20m. La información disponible en el IGN se puede obtener en formato impreso o en formato digital enlazado con su base de datos SIG. Además de la cartografía nacional, entre el catálogo del IGN se encuentran:

- Modelo de elevación.
- Ortofotos, cubrimiento 20 km².
- Mapa de límites municipales.
- Mapa de carreteras.
- Mapa de precipitación promedio anual.
- Mapas departamentales hipsométricos.
- Mapas departamentales climatológicos.
- Mapas departamentales fisiológicos.
- Mapas departamentales geológicos.
- Mapas departamentales hidrológicos.
- Mapas departamentales de taxonomía del suelo.
- Mapas departamentales de vías de comunicación.
- Mapas departamentales de uso y cobertura del suelo.
- Mapas departamentales de isoyetas, etc.

2) Otras fuentes de información geográfica

a) Sistema Nacional de Información Territorial (SINIT). Esta fuente de información geográfica es administrada por la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN). Cuenta con el apoyo técnico del Instituto Geográfico Nacional (IGN) e instituciones productoras de geoinformación del país, quienes en conjunto permiten el acceso a un conjunto de recursos y servicios relacionados con la información espacial de Guatemala.

Uno de los servicios que este sistema ofrece, se encuentra la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE). La IDE consiste en una página web que permite la consulta, ubicación y medición de la información geoespacial sin utilizar ningún programa especializado. Entre la información que se puede obtener se encuentran las ortografías aéreas, bases estadísticas e información geográfica de indicadores territoriales que pueden servir de apoyo en la toma de decisiones para proyectos futuros. Esta información está disponible para concejos de desarrollo, municipalidades, instituciones del Estado, ONG's, universidades, sector privado y público en general.

Este sistema también permite la descarga gratuita de archivos en formato *shape*, que pueden ser cargados en programas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para su posterior manipulación. Los archivos disponibles son:

- Departamentos de Guatemala (IGN).
- Municipios de Guatemala (IGN).
- Caminos de Guatemala (IGN).
- Ríos de Guatemala (IGN).
- Cuerpos de Agua (IGN).
- Cabeceras Departamentales (IGN).
- Cabeceras Municipales (IGN).
- Lugares Poblados de Guatemala (INE).
- Escuelas de Guatemala (MINEDUC).
- Centros de Salud y Municipalidades (P. Dialogo).

b) Registro de Información Catastral (RIC). Es una institución de servicio autosostenible, encargada de generar y administrar la información catastral del país. Esta institución promueve la venta de información gráfica y descriptiva catastral, esta actividad también se puede interpretar como la prestación de servicios y venta de productos catastrales a los usuarios que lo soliciten (Registro de Información Catastral, s.f.). El RIC tiene disponible una guía de productos gráficos, con la cual busca contribuir con la estandarización institucional de la información espacial y optimizar el proceso de control de calidad gráfica predial (Registro de Información Catastral, 2011). Entre los mapas de dicha guía de productos gráficos se encuentran:

- Red Geodésica, Cors y de Red de Apoyo Catastral
- Polígonos Urbanos y rurales
- *Shape* de Predios
- Red de Carreteras
- Cuerpos de Agua
- Polígonos catastrales, etc.

c) Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). Esta institución cuenta con una serie de mapas temáticos realizado para fines de planificación del sector agropecuario. Sin embargo, la información que proveen puede ser de gran utilidad para el análisis de sitios en cuanto a aspectos físicos del suelo y datos climatológicos del área. El MAGA ofrece distintos mapas los cuales pueden ser adquiridos en formato *shape* y en JPG. Entre los productos que ofrece se encuentra el Atlas temático de la República de Guatemala, cuyos análisis se encuentran realizados a nivel departamental y está conformado por los siguientes mapas:

- Mapa de Cuencas Hidrográficas.
- Mapa de pendientes agrupadas.
- Mapa de precipitación promedio anual.
- Mapa de temperatura promedio anual.
- Mapa geológico.
- Mapa Fisiográfico-Geomorfológico.
- Mapa por cobertura vegetal y uso de la tierra.
- Mapa de áreas protegidas.
- Mapa de población año 2000 por departamento según INE.
- Mapa de población proyectada al año 2020 por departamento y Municipio, según INE, etc.

Además, el MAGA cuenta con un laboratorio de información geográfica administrada por la Dirección de Información Geográfica, Estratégica y Gestión de Riesgos (DIGER). Esta institución tiene disponible una página web en la que se puede encontrar una serie de informaciones cartográficas. Algunos mapas están disponibles de manera gratuita, en formato pdf.

3) Sistemas de Información Geográfica. Un sistema de información geográfica (SIG) es un conjunto de procedimientos manuales y computarizados usado para almacenar información referenciada geográficamente (Aronoff, 1989). La principal utilidad de estos sistemas es la capacidad que tienen para realizar modelos o representaciones del mundo a partir de las bases de datos digitales (Registro de Información Catastral, 2011). Para el análisis gráfico, los SIG usan herramientas de gran capacidad de procesamiento gráfico. La Escuela de Formación y Capacitación Para El Desarrollo Territorial y Catastral (ESCAT), define los siguientes elementos básicos que componen un SIG:

a) Equipo (*hardwre*). Computadoras que operan el SIG. Además de las computadoras, en la actualidad existe una gran variedad de dispositivos para operar esto sistemas, entre los que se encuentran: computadoras de escritorio o portátiles, servidores, Tablet-PC, entre otros.

b) Programas (*software*). Los programas SIG proveen las herramientas necesarias para el tratamiento de la información. Permiten la entrada y manipulación de datos, la administración de la base de datos, operación de búsqueda, análisis, visualización, etc. Cada programa de SIG es un conjunto de algoritmos para acceder, analiza y sintetizar datos espaciales y sus atributos asociados. Entre los programas más comunes se encuentran: gvSIG, Kosmo, Quantum GIS, ArcGIS, entre otros.

2. Geografía productiva de Guatemala según carga aérea. Para incentivar la producción y exportación de productos nacionales, es importante considerar una infraestructura estratégica de vías de comunicación y medios de transporte. En cuanto a los productos que generan carga aérea, la ubicación del aeropuerto juega un papel muy importante. En efecto, cuanto más cerca se encuentre ubicado de los principales sectores productivos del país, menores serán los costos para transportar los productos por vía terrestre. Para esto es necesario identificar cuáles son los principales productos de exportación por vía aérea y en que departamentos se producen.

El manejo y despacho de la carga aérea en Guatemala está a cargo del Comité de Operaciones de Carga Aérea COMBEX, quienes iniciaron sus operaciones en la década de los ochentas. Este comité fue fundada por empresarios representantes de la Cámara de Comercio, Cámara de la Industria, Asociación de Guatemala de Exportadores (AGEXPORT), Asociación de almacenes Generales de Depósito (ASALGE), Gremial de Líneas Aéreas de Carga, Asociación Guatemalteca de Líneas Aéreas de Pasajeros (AGLA) y la Gremial de Agencias de Carga. En 1992 el Gobierno de la República otorgó el manejo de la carga aérea de exportación y la operación de la bodega de importación a los propios usuarios del sector privado, y así nace el Comité de Operación de la Bodega de Carga Aérea COMBEX-IM. En 1996 la Dirección General de Aduanas resolvió que:

«Toda la carga aérea debidamente manifestada y aquella fuera de manifiesto que ingresa al país, debe ser entregada en su totalidad a COMBEX-IM, incluyendo aquellas bajo el régimen de tránsito, material de compañías aéreas, material de Courier y mercancías en depósito» (COMBEX-IM, s.f.).

Este comité cambio su razón social a Asociación para el Desarrollo Económico y Social de Puertos y Aeropuertos COMBEX-IM, debido a que el 1 de julio de 2007, la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT) autorizo a esta entidad como Depósito Aduanero Temporal, según Acta Constitutiva No. 22.

a. Carga aérea en Guatemala. La carga aérea con respecto a las exportaciones en los últimos diecisiete años ha variado significativamente, con un pico en el 2004 (ver Figura 53) seguido de un descenso hasta el 2009. Sin embargo, a partir del 2009 la cantidad de carga aérea de exportación ha tenido una tendencia de aumento. En el 2013 la exportaciones aumentaron en un 7.95% con respecto al año anterior, lo que representa un incremento de 2,524,000 kilos.

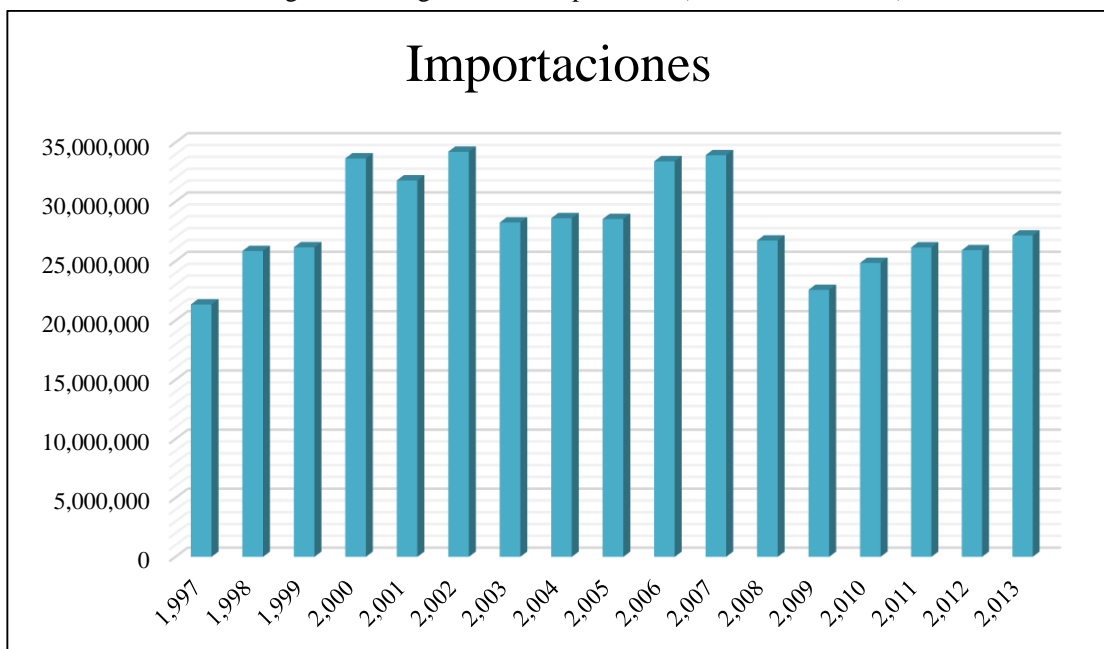
En cuanto a las importaciones, la carga aérea en los últimos diecisiete años también ha tenido variaciones sin una tendencia clara. En los años del 2000 al 2002 y del 2006 al 2007 se dieron resultados que marcan los dos picos en la gráfica de importaciones (ver Figura 54). Al igual que en las exportaciones, en 2009 las importaciones tienen una baja significativa y a partir de ese año también se inicia la tendencia de aumento. La cantidad total de carga de importaciones en el 2013 aumento 4.77% con respecto a la carga total del 2012, esto representa un incremento de 1,157,000 mil kilos.

Figura 53. Carga aérea de exportación (cantidades en kilos)



Fuente: Dirección General de Aeronáutica Civil, con datos de COMBEX-IM, 2013
Elaboración propia

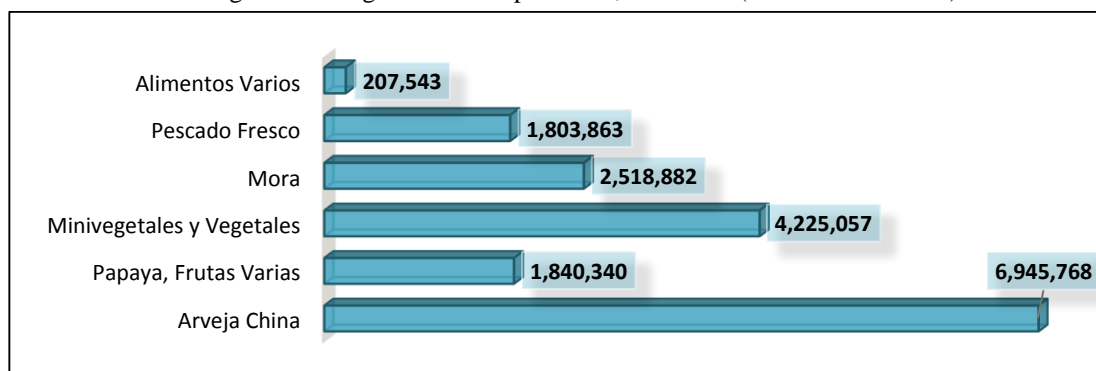
Figura 54. Carga aérea de importación (Cantidades en kilos)



Fuente: Dirección General de Aeronáutica Civil, con datos de COMBEX-IM, 2013
Elaboración propia

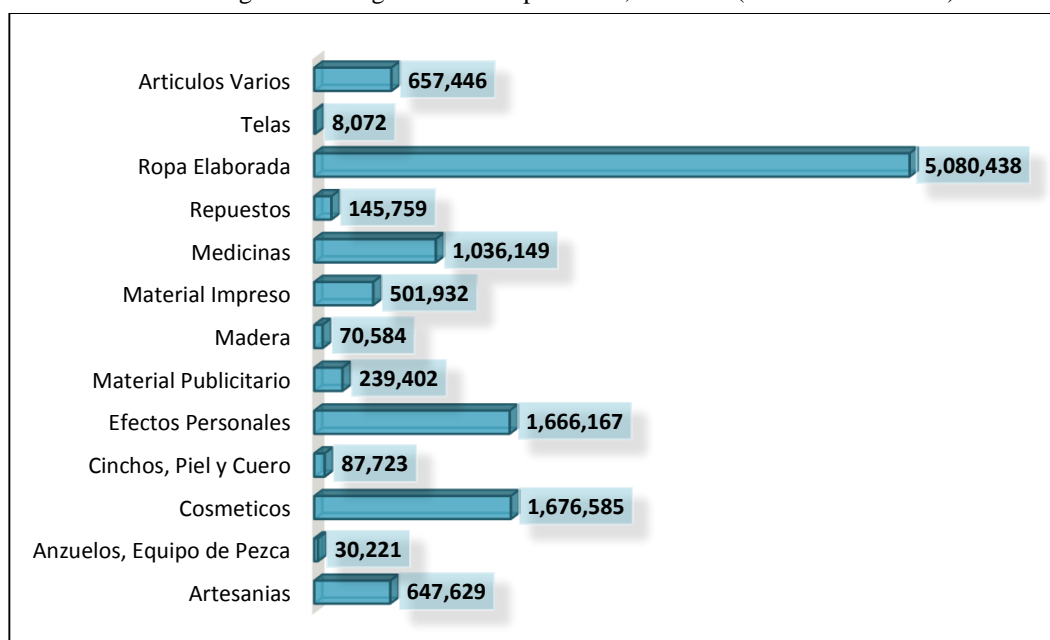
b. Principales productos de exportación que conforman la carga aérea. La Dirección General de Aeronáutica Civil tiene disponible en su página web las estadísticas de las exportaciones por productos correspondientes al año 2013, elaboradas con datos de COMBEX-IM. Dichas estadísticas muestran tablas clasificadas en los siguientes segmentos: alimentos, artículos, plantas y animales. Al observar las exportaciones de alimentos (ver Figura 55), los productos vegetales son los que predominan, siendo la arveja china el principal producto de exportación.

Figura 55. Carga aérea de exportación, alimentos (cantidades en kilos).



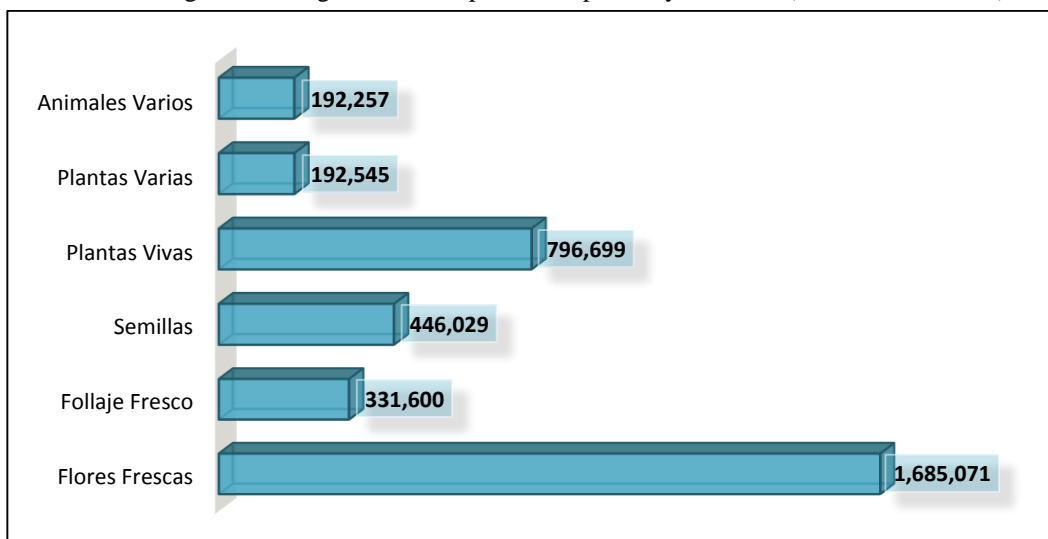
Fuente: Dirección General de Aeronáutica Civil, con datos de COMBEX-IM, 2013
Elaboración propia

Figura 56. Carga aérea de exportación, artículos (cantidades en kilos)



Fuente: Dirección General de Aeronáutica Civil, con datos de COMBEX-IM, 2013
Elaboración propia

Figura 57. Carga aérea de exportación, plantas y animales (cantidades en kilos)



Fuente: Dirección General de Aeronáutica Civil, con datos de COMBEX-IM, 2013
Elaboración propia

En cuanto a la exportación de artículos (ver Figura 56), el principal producto de exportación es la ropa elaborada. Existe una gran diferencia en cantidades de kilos en relación a los demás artículos, por lo que se le debe prestar mayor atención a la industria de textiles y vestuario. Por último, con la exportación de plantas y animales (ver Figura 57), las flores frescas representan el producto de mayor exportación, seguidas por las plantas vivas y semillas.

c. Sectores productivos de Guatemala. Al consolidar la información de las exportaciones por productos que generaron carga aérea en el 2013, se puede observar que la producción agrícola de vegetales y frutas conforman el mayor porcentaje en relación a la carga aérea total de exportación (ver Figura 59). Tomando en cuenta solamente los primeros siete productos principales de exportación, la producción agrícola conforma el 52.11%, la ropa elaborada el 15.38% y el pescado fresco el 5.46%, sumando un total de 72.95%. Los siete productos principales de exportación, en orden de mayor a menor porcentaje, son: Arveja china, ropa elaborada, minivegetales y vegetales, mora, papaya y frutas variadas, pescado fresco y flores frescas.

Las exportaciones del año 2013 tienen la misma tendencia del año anterior. En el análisis por sección de productos que realizó el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) con respecto al año 2012, se determinó que los productos vegetales son la sección más representativa del total de las exportaciones. Le sigue en orden de importancia la industria alimenticia y los materiales textiles (ver Figura 58)

Guatemala cuenta una variedad de microclimas que permiten una amplia y variada producción agrícola durante todo el año, siendo esta una ventaja para mantener precios competitivos. Además, Guatemala cuenta con una posición estratégica para el transporte de estos productos hacia el mercado norteamericano (AGRITRADE-AGEXPORT, s.f.). Gracias a la inversión que se ha realizado a la industria de vestuarios y

textiles, se ha convertido en uno de los sectores más importantes del país. La integración de la industria textil, su flexibilidad y la alta calidad en su producción, hacen de esta industria una de las más competitivas de la región Centroamericana (Asociación de la Industria de Vesturio y Textiles, 2013). Los siete principales productos de exportación provienen de los siguientes departamentos:

1) Arveja china. Según la Plataforma Agrícola de Acceso a Mercados AGRITRADE, este producto proviene de productores de los departamentos de: Alta Verapaz, Baja Verapaz, Chimaltenango, Sacatepéquez, Quiché, Sololá, Quetzaltenango, Huehuetenango, Totonicapán, San Marcos y Jalapa. En cuanto a este producto, Guatemala ocupa el primer lugar en exportaciones de arveja hacia Estados Unidos.

2) Ropa elaborada. Con información de la Asociación de la Industria de Vestuario y Textiles (VESTEX), la ubicación geográfica del sector textil y vestuario está centralizada en un 91.3% en el departamento de Guatemala y un 8.7% en el interior del país (Prado, et al. 2010). Los otros departamentos de la industria textil son: Chimaltenango, Escuintla, Sacatepéquez, Quetzaltenango y Sololá.

3) Minivegetales y vegetales. Al igual que la arveja china, estos productos provienen de productores de los departamentos de: Alta Verapaz, Baja Verapaz, Chimaltenango, Sacatepéquez, Quiché, Sololá, Quetzaltenango, Huehuetenango, Totonicapán, San Marcos y Jalapa. Estos productos son exportados a diferentes destinos, como Estados Unidos, Canadá, Europa, México, Panamá y Centro América.

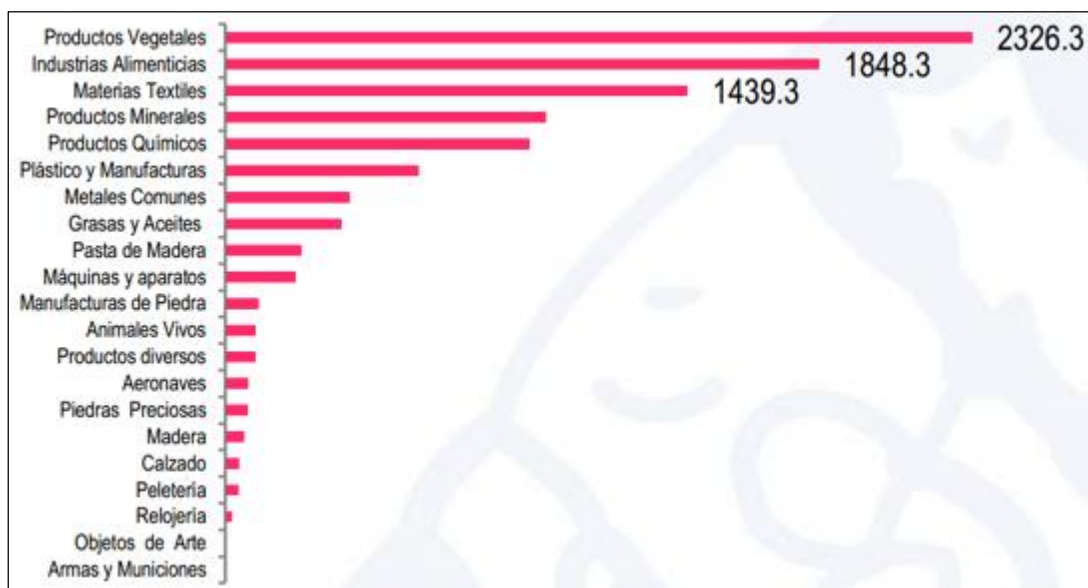
4) Mora. Este producto se cultiva en el altiplano central de Guatemala y se cosecha durante todo el año (Cordero, 2013). Los departamentos que conforman el altiplano central son: Guatemala, Sacatepéquez, Chimaltenango, Sololá, Totonicapán y Quetzaltenango.

5) Papaya y frutas varias. A demás de la papaya, entre las otras frutas que exportan se encuentran la nuez de macadamia, piña, aguacate, mango, limón y melón; estos representan el 80% de las exportaciones totales de frutas. Su producción se concentra en zonas de temperaturas altas como Escuintla, Santa Rosa, Suchitepéquez, Retalhuleu, El Progreso, San Marcos, Baja Verapaz, Zacapa e Izabal.

6) Pescado fresco. Según el Instituto Nacional de Estadística, los mayores productores de pescado son: Jalapa, Escuintla e Izabal.

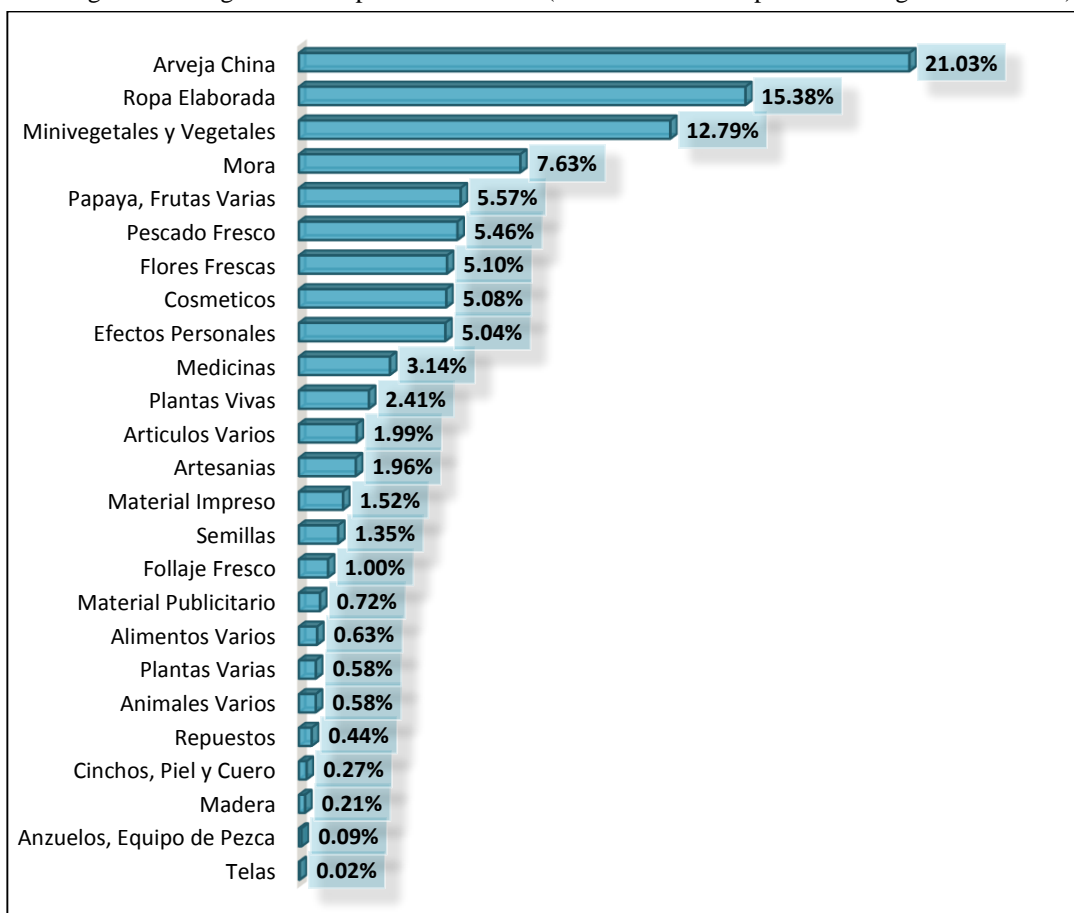
7) Flores frescas. Las mayores áreas de producción de flores se encuentran en el altiplano central (AGRITRADE-AGEXPORT, s.f.). Los departamentos que conforman el altiplano central son: Guatemala, Sacatepéquez, Chimaltenango, Sololá, Totonicapán y Quetzaltenango.

Figura 58. Exportaciones por sección - Comercio total año 2012 (cantidades en millones de \$US)



Fuente: Instituto Nacional de Estadística, 2013

Figura 59. Carga aérea - exportaciones 2013 (datos en % con respecto a la carga total en kilos)

Fuente: Dirección General de Aeronáutica Civil, con datos de COMBEX-IM, 2013
Elaboración propia

3. Finanzas

a. Financiamiento de proyectos. El Gerente de Cargos de los Usuarios de IATA en 1999 menciona que «La adecuación de la infraestructura aeroportuaria es el mayor reto que afronta la industria aerocomercial de nuestra región. La infraestructura aeroportuaria implica una gran inversión, debido a las dimensiones de los aeropuertos, pista y accesos que esta incluye.» Con el paso del tiempo, se han ido desarrollando diferentes formas de financiamiento alrededor del mundo. La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) define las siguientes formas de administración e inversión aeroportuaria.

1) Inversión pública. Debido al tamaño de la inversión que es necesaria para el desarrollo de la red aeroportuaria del país, los estados ejecutaron una gran parte de las obras, aunque muchos fueron impulsados por las mismas compañías aéreas. (Gran Portal de la Aviación). Desde los inicios de la aviación, la explotación de los aeropuertos es una de las diversas funciones de la entidad pública. Según la OACI existen dos diferentes tipos de entidades que pueden administrar los aeropuertos.

a) Entidades Autónomas de propiedad pública. «Una entidad aeroportuaria autónoma es esencialmente una entidad independiente creada para explotar y administrar uno o varios aeropuertos, con poderes para la gestión y aplicación de los ingresos obtenidos para cubrir sus gastos.» (Organización de Aviación Civil Internacional, 2013). Estas entidades son creadas específicamente para administrar la red de aeropuertos del país. Un ejemplo es la red de aeropuertos AA2000, conocida como Aeropuertos Argentina 2000, la cual administra la red de aeropuertos argentinos y entre las diversas labores que realizan, tiene a cargo la tarea de planificar y financiar a corto, mediano y largo plazo todas las obras de arquitectura e ingeniería de las terminales aéreas.

Este tipo de identidades tienen algunas características fundamentales:

- El gobierno es el propietario de la organización, establece objetivos y vigila el rendimiento.
- La entidad es supervisada por una entidad del gobierno.
- Es una sociedad autofinanciada; cobra por los servicios y financia los nuevos proyectos.
- Las condiciones de servicio y la administración de la entidad serán independientes de las del sector público.

Estas entidades se crearon primordialmente para mejorar la eficiencia y resultados financieros de los aeropuertos. La Organización de Aviación Civil Internacional indica que estas entidades autónomas pueden ofrecer las siguientes ventajas:

- Asegurar que los ingresos generados por el uso aeroportuario se reinvierten de manera transparente en la explotación y mejora de las instalaciones.
- Asegura que los usuarios de los aeropuertos contribuyen directamente al mantenimiento y mejora de sus instalaciones.
- Reduce la carga financiera para el gobierno.

- Fomenta el desarrollo de una mentalidad empresarial incrementando la eficiencia y mejorando la calidad de servicios.
- Permite el acceso de mercados de capital privado

Generalmente estas entidades se responsabilizan del movimiento de aeronaves, zonas de estacionamiento de aeronaves, instalaciones y servicios de la terminal de pasajeros, instalaciones de carga, hangares, control de tránsito aéreo y en algunos casos también los servicios meteorológicos. La entidad autónoma obtiene los ingresos para cubrir los gastos aeroportuarios y acumular reservas de capital.

Hay dos formas diferentes de manejar el capital que genera el aeropuerto: la primera es que la misma entidad se encargue de su administración y, como se mencionó anteriormente, pueda cubrir los gastos y acumular capital para las posibles futuras inversiones. La segunda es que estos ingresos se depositen a una cuenta del estado o ya sea a la de la administración de aviación civil y solicita los fondos a la misma para poder cubrir los gastos. El aspecto negativo de esta forma de administración es que disminuye el incentivo del ente de ser más eficiente y encontrar nuevas fuentes de ingresos.

No es recomendable delegar la explotación de uno o varios aeropuertos a una entidad autónoma si se trata de un estado pequeño donde no haya una gran actividad aeronáutica. Es muy probable que debido a la poca actividad aeronáutica, haya muy poco o ningún beneficio para esta entidad. (Organización de Aviación Civil Internacional, 2013) Es indispensable revisar los estados financieros de los diferentes aeropuertos para ver la factibilidad de la implementación de este sistema.

b) Autoridad Autónoma de Aviación Civil. En las circunstancias en las que no se desee establecer una entidad aeroportuaria autónoma, la autoridad autónoma de aviación civil puede tomar el cargo que desempeña la administración de aviación civil refiriéndose a la explotación de los aeropuertos. Este tipo de entidad permite al estado una mayor eficiencia, debido a que esta entidad se estaría enfocando únicamente a esto, por lo que puede traer mayor eficiencia y reducción de costos.

En el año 2003, en Panamá se creó la Autoridad Aeronáutica Civil como una entidad autónoma del Estado. A esta entidad se le asignan recursos anualmente provenientes del Presupuesto General del Estado. Además podrá recibir recursos provenientes del Fondo Especial para el Desarrollo de la Infraestructura Aeronáutica Nacional que designa el Órgano Ejecutivo. (Asamblea Nacional de Panamá, 2003). Otro caso en el que se creó una autoridad de aviación civil es en el año 2001 en El Salvador. (Autoridad de Aviación Civil de El Salvador, 2009)

2) Inversión privada. En los últimos años ha aumentado la participación de la inversión privada en los aeropuertos y servicios de navegación aérea. El hecho de que los aeropuertos se manejen entre los intereses privados es debido a que de esta manera, se mejora la eficiencia de la explotación y se busca una reducción de costos además de quitarle al estado de la responsabilidad de financiar el desarrollo de esta

infraestructura. Cada vez es más difícil que los estados financien públicamente los proyectos aeroportuarios debido a las diferentes prioridades del gasto nacional.

La OACI en el Manual sobre aspectos económicos sobre aeropuertos menciona que las características principales de un aeropuerto privatizado incluirán probablemente las siguientes:

- a) La compañía tiene un consejo de administración designado con arreglo a sus estatutos.
- b) El aeropuerto privatizado es autofinanciado, cobra por sus servicios, obtiene fondos del mercado de capital, aplica normas y prácticas contables comerciales, y necesita obtener un rendimiento financiero como entidad comercial.
- c) El aeropuerto privatizado está sujeto a los impuestos de sociedades habituales.

Para privatizar o construir un aeropuerto privado se deben analizar todos los factores que aseguren al inversionista el éxito o fracaso del proyecto. Entre estos están la evaluación de las condiciones del estado y la competencia que pueda haber en el lugar. Es importante mencionar que la privatización no excluye al Estado de sus obligaciones internacionales pero una de sus desventajas es que esta constituye una pérdida de “activos” para el Estado.

3) Inversión público-privada. La participación o intervención privada significan que el sector privado “participa” en el control o gestión de la entidad pero siempre continúa siendo propiedad del Estado. Para este tipo de injerencia, a veces requiere el establecimiento de una sociedad pública-privada (SPP). Una de las ventajas que también tienen este tipo de inversiones es que el ente privado, así como en las entidades autónomas, enfoca de diferente manera la visión de la empresa, su propósito es la búsqueda de la rentabilidad del mismo.

La participación privada adopta 4 formas distintas:

a) Contrato de gestión. Un contrato de gestión puede utilizarse ya sea para un único aeropuerto o para un grupo. En este tipo de participación de la entidad privada, se transfiere la administración de un aeropuerto por un plazo limitado. Este tipo de contratos generalmente incluye lo que es la gestión del aeropuerto pero no siempre se incluye el desarrollo de las instalaciones. (Organización de Aviación Civil Internacional, 2013)

b) Arrendamiento (Concesión). Las concesiones en los aeropuertos pueden darse ya sea a corto, mediano o largo plazo. En este contrato, la gestión y el desarrollo del aeropuerto se transfiere a una entidad por un período fijo. Las condiciones con las cuales se manejan este tipo de contratos varían dependiendo de los proyectos. Según la OACI, una de las formas más comunes del contrato es la de construcción-explotación-transferencia((CET). En este sistema, la entidad privada construye y financia las instalaciones y luego las explota por un período determinado de tiempo. Al terminar este período de tiempo, la devuelve al propietario.

Las características principales de este tipo de contratos según la OACI son:

- Los servicios aeronáuticos continúan en las manos del Estado, así como las normas aplicadas para la calidad de los servicios.
- La planificación debe de ser sensible a ser modificada según la demanda, requisitos del estado, normas internacionales y necesidades del usuario.
- Se debe adecuar la concesión a la magnitud de las inversiones realizadas.
- El proceso de licitación debe ser abierto y garantizar que el proceso de concesión sea eficaz.
- El sistema debe estar basado en que el estado y el sector privado asumen riesgos para ambas partes.
- Los contratos deben incluir cierto grado de flexibilidad para adaptarse a las condiciones.
- Se deben adoptar medidas de prevención para ciertos problemas como lo son la demora de inversiones coordinación de la gestión, entre otros.

c) Transferencia de propiedad minoritaria. Este tipo de contrato se basa en la venta de acciones a entes privados. Se utiliza para realizar la transición del aeropuerto de la propiedad pública a la propiedad privada en varias fases, evitando los problemas de adaptación en el mercado.

d) Propiedad y control en el sector privado. En este caso, una entidad privada adquiere la propiedad plena o mayoritaria de un aeropuerto.

e) Propiedad y explotación del sector privado de parte de las actividades aeroportuarias. En este caso, se otorga la propiedad y explotación de ciertas instalaciones o servicios de un aeropuerto a una empresa privada. El contrato que se realiza para esto es muy parecido a una concesión. Esto se hace para que contribuya adecuadamente a los costos de explotación del resto del aeropuerto, lo que puede manifestarse en el contrato.

b. Propiedad y control de aeropuertos

1) Funcionamiento de aeropuertos en América Latina. Los primeros aeropuertos y aeródromos de Latinoamérica fueron situados en improvisadamente las ciudades o en sus alrededores. Con los años se fue desarrollando y fue necesario destinar terrenos exclusivos para los mismos, construyéndose las primeras pistas de aterrizaje, hangares y puestos de control. En la actualidad, Latinoamérica está formada por una red de 24 aeródromos y aeropuertos, muchos financiados por el sector privado a través de concesiones. (Gran Portal de la Aviación)

A continuación se presenta la situación de algunos países de Latinoamérica con respecto a su red de aeropuertos:

a) Argentina. En el mes de julio del año 2014 se reportaron 2,3 millones de pasajeros en los aeropuertos argentinos, siendo el Aeroparque Metropolitano Jorge Newbery el que contabilizó una mayor cantidad de viajeros con 872,012 pasajeros en el mes. (Aeropuertos Argentina 2000, 2014)

Para el año 1999, Argentina contaba con una red de 33 aeropuertos, la cual fue adjudicada en una licitación internacional a la asociación “Aeropuertos Argentina 2000”. AA2000 invirtió en el desarrollo de la infraestructura aeroportuaria y tiene como misión «Contribuir al desarrollo social, económico y cultural del país, impulsando y promoviendo la actividad y desarrollo de la industria aeroportuaria nacional, con una visión de alcance internacional, mediante la identificación, estructuración e implementación de nuevos proyectos aeroportuarios.» (Aeropuertos Argentina 2000, S.A.)

Jaime Escobar (1999) expresa que se creó el Organismo Regulador del Sistema Nacional de Aeropuertos (ORSNA) para vigilar el desempeño financiero y operacional de AA2000 ya que una de las consecuencias de esta concesión podría ser un alza significativa en las tasas y tarifas debido a la falta de una regulación económica para esto. A pesar de que esa fue la razón de su creación, el ORSNA no regula las tasas y tarifas de los servicios aeronáuticos. En la actualidad, AA2000 Provee los servicios, instalaciones e infraestructura aeroportuaria garantizando la seguridad y privacidad de la información.

b) Colombia. La agrupación denominada Compañía de Desarrollo Aeropuerto Eldorado CODAD S.A. firmó una concesión para la construcción de la segunda pista y otras obras complementarias del Aeropuerto Internacional de Bogotá, El Dorado, en el año 1995. Se planteó una concesión en donde el concesionario obtuvo los ingresos por derecho de pista en la pista ya existente y la que se construyó por 17 años. Entre 1990 y 1995, el tráfico aéreo tuvo un crecimiento del 10% anual, lo cual se detuvo en los siguientes cinco años debido a la situación socioeconómica del país y llegó a no alcanzar el nivel mínimo de ingresos previstos ofrecidos en el contrato y Aeronáutica Civil tuvo que cubrir esos gastos con recursos propios. (Escobar, 1999)

El 19 de enero de 2007, fue entregado el mismo aeropuerto en concesión a la empresa Concesionario Aeropuerto Internacional El Dorado de Bogotá OPAIN S.A. Esta es una empresa que fue creada con un único objetivo; «Administrar, modernizar, desarrollar comercialmente, expandir, operar y mantener el Aeropuerto Internacional El Dorado en Bogotá, Colombia.» (OPAIN, S.A.)

El Concesionario se obliga a pagar a Aerocivil una contraprestación en los plazos y cantidades que se determinan en el contrato durante los próximos 20 años después de la realización del acta de entrega. (Unidad Administrativa Especial de Aeronautica Civil de Colombia, 2012)

Figura 60. Aeropuerto Internacional El Dorado, Bogotá, Colombia



Fuente: <http://www.aerocivil.gov.co>

El Aeropuerto El Dorado en Colombia no es el único aeródromo administrado por un ente privado; el Aeropuerto de Cartagena actualmente es administrado por la Sociedad Aeroportuaria de la Costa, S.A. SACSÁ inició su gestión en el año 1996 y se amplió esta concesión hasta el año 2020. Este aeropuerto recibe más de 300 vuelos directos y 700 vuelos de conexiones internas semanalmente; registró un crecimiento del 87% en la cantidad de pasajeros movilizados desde el 2009 hasta el 2013. (SACSÁ, 2012) El aeropuerto de Barranquilla se concesionó por 15 años, los cuales finalizaron en el 2012. Este aeropuerto ya no se encuentra concesionado, La Aerocivil retomó su Administración. Actualmente está en planificación otra concesión por la modernización de este aeropuerto y la construcción de una nueva terminal de carga.

c) Costa Rica. El gobierno de Costa Rica adjudicó el contrato de Gestión Interesada (CGI) para la administración, mantenimiento y desarrollo del aeropuerto internacional en la ciudad de San José, Costa Rica. El Estado autoriza a Aeris Holding Costa Rica S.A., la prestación de servicios para la operación, administración, mantenimiento, rehabilitación, financiamiento, construcción y promoción del aeropuerto. Con la firma de este contrato, la empresa se compromete a mejorar la operación aeroportuaria y al mismo tiempo la eficiencia del servicio mediante el desarrollo de la infraestructura, la cual debe invertir con el capital de sus accionistas o con un financiamiento privado.

En el año 2009, ADC & HAS Holding y Companhia de Participações em Concessões de Brasil adquirieron el 100% de las acciones de las empresas:

- Desarrollos de Aeropuertos AAH S.R.L.
- Grupo de Aeropuertos AAH S.R.L.
- Terminal Aérea General AAH S.R.L.

Las cuales poseen el 97.5% de las acciones de Alterra Partners Costa Rica S.A.; cuya razón social ha cambiado a Aeris Holding Costa Rica S.A. El 2.5% restante de las acciones pertenece a las empresas, Edica Ltda. e Integración Aduanera S.A. (Aeris Holding Costa Rica S.A.)

Figura 61. Aeropuerto Internacional Juan Santamaría, Costa Rica



Fuente: <http://www.fly2sanjose.com/>

d) Uruguay. Las autoridades de la empresa Puerta del Sur S.A. y del Ministerio de Defensa Nacional de Uruguay firmaron un contrato que amplía la concesión para operar el Aeropuerto Internacional de Carrasco por 20 años más hasta el año 2033. La empresa continuará con la administración de este aeropuerto y abonará al Estado un impuesto que se destinará al fomento del turismo. También se evaluará la construcción de una granja solar fotovoltaica para abastecerse de energía y ser la primera terminal aérea autoabastecida por energías renovables.

En el año 2003 la empresa firmó la concesión por 20 años y en el 2013 solicitó que esta se ampliara por 10 años más. Así mismo entregó US\$ 20 millones a Rentas Generales y US\$ 3,5 millones al Ministerio de Defensa Nacional de Uruguay. Desde que fue otorgada la concesión, la empresa ha invertido más de US\$ 200 millones en diferentes obras, entre estas está la construcción de la nueva terminal de pasajeros. (Empresas de Uruguay, S.A., 2014)

e) Honduras. En el año 2000, Honduras concesionó sus cuatro aeropuertos principales a una empresa privada llamada Interairports, S.A., la cual tenía la capacidad de invertir en infraestructura y así responder al crecimiento y necesidades del país. Interairports S.A administra y opera las cuatro terminales aéreas internacionales del país ubicadas en Tegucigalpa (Aeropuerto Toncontín), San Pedro Sula (Aeropuerto Ramon Villeda Morales), La Ceiba (Aeropuerto Golosón) y Roatán (Aeropuerto Juan Manuel Gálvez).

En el 2014 se modificó el contrato de concesión de los cuatro aeropuertos en donde se delega el servicio de seguridad aeroportuaria al Estado, anteriormente lo manejaba el concesionario. «Aeropuertos de Honduras, mantiene la responsabilidad exclusiva de la administración de los servicios aeronáuticos y servicios complementarios. Así como la inversión en los aeropuertos, la administración de la infraestructura, mantenimiento y operación de las terminales aéreas y sus campos aéreos de conformidad con la normativa internacional y nacional vigentes.» (Interairports, S.A., 2014)

f) México. Este país se ha adaptado a un esquema de privatización aeroportuaria en donde agrupa los principales aeropuertos y crea diferentes corporaciones para administrarlos. Se crearon tres diferentes grupos:

- ASUR: El Grupo Aeroportuario del Sureste ASUR opera los nueve aeropuertos más importantes del sureste de México y tiene su sede en Cancún. Trabaja junto con su socio operador que es el aeropuerto de Copenague ITA para transferir la tecnología y sus conocimientos. (Grupo Aeroportuario del Sureste , 2014)
- GAP: El Grupo Aeroportuario Pacifico GAP con sede en Guadalajara opera 12 aeropuertos en la región del Pacífico de México. (Grupo Aeroportuario Pacifico , 2014)
- OMA: El Grupo Aeroportuario Centro Norte OMA, con sede en Monterrey opera trece aeropuertos internacionales y atiende a más de 13 millones de pasajeros nacionales e internacionales. Su socio

estratégico SETA es propietario del 15% de las acciones de OMA y el resto es del gobierno federal. (Grupo Aeroportuario Centro Norte, 2014)

H. Turismo

1. El turismo y su relación con los aeropuertos. El turismo y la aviación de la nueva era mostraron sus primeras manifestaciones a principios del siglo pasado. En esos momentos la actividad turística como tal, se reservaba exclusivamente a personas con alto poder adquisitivo. A su vez, la aviación también avanzaba gracias a descubrimientos de técnicos y especialistas en el campo. Gracias a que existía mucha debilidad de movimiento turístico y que el equipamiento de los destinos era muy escaso como para satisfacer la demanda, la iniciativa privada fue la encargada de impulsar el desarrollo del turismo en sus primeras etapas, para luego poder (Helmbold, 2004)

El transporte aéreo, por su parte, se apoyó en los primeros intrépidos que basados en su inventiva delinearían el comienzo de toda una industria. Toda esta industria se inició y creció en los 20 años de paz que existieron en las dos Guerras Mundiales. Es así que ambos fenómenos iniciaron sus desarrollos, ambos de una manera independiente, aunque con un futuro en común. Aunque fue hasta mediados del siglo pasado que se generó un proceso de democratización y expansión para las dos actividades. La relación estrecha entre los dos sectores se manifiesta en el sustento que encontraron el uno del otro para evolucionar como un hecho natural, en donde ahora el turismo, casi exclusivamente, depende del crecimiento de la oferta aérea y por su parte el desarrollo de la aviación no se extendería sin la motivación que genera la demanda del turismo. (Helmbold, 2004)

Según la Organización Mundial del Turismo (OMT), entre los años 1950 y 2000, la cantidad de turistas mundiales ascendió de 25 a 702 millones, con un crecimiento del 4% anual. Si las tendencias actuales siguen este crecimiento exponencial, se prevé que para el año 2020 la cantidad de turistas sea de alrededor de 1,600 millones de personas. El turismo a lo largo de su evolución e historia, ha tenido que afrontar diversas crisis, que también han afectado a otros sectores económicos en el mundo. Estos factores han demostrado la vulnerabilidad que posee el turismo hacia su medio ambiente. Estas crisis van desde conflictos sociales como las guerras y el terrorismo, hasta conflictos climáticos y por su puesto las crisis económicas.

Según Mario Folchi (1993), el turismo se manifiesta en la vida contemporánea con las siguientes características:

- Es un fenómeno masivo.
- Es un acontecimiento internacional.
- Es un hecho de gran movilidad.
- Es de enorme trascendencia social.
- Es un motor de desarrollo económico.

Todas estas características son indudablemente compartidas con la aviación, pues ambos fenómenos se nutren de la mutua interacción. Otra característica que define al turismo es su multidisciplinaridad debido al amplio espectro de ámbitos a los que pertenece y que a su vez afecta a los sectores sociales, económicos, políticos y ambientales.

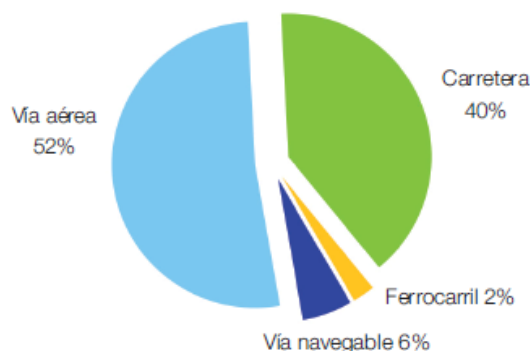
El turismo tiene una muy amplia importancia, ya que representa el 9% del Producto Interno Bruto (PIB) Mundial. Uno de cada 11 empleos tiene relación directa o indirecta con el turismo; conforma el 6% de las exportaciones mundiales y genera 1.3 billones de dólares en exportaciones. Esto lo convierte en una industria en donde la inversión será rentable en muchos ámbitos. También posee efectos multiplicadores, pues provoca movimientos derivados en las actividades económicas relacionadas. (OMT,2013)

a. Llegadas de turistas internacionales. «Las llegadas de turistas internacionales crecieron un 4% en 2012, superando globalmente la barrera de los 1,000 millones por primera vez en la historia. A pesar de la constante incertidumbre económica mundial, la demanda de turismo internacional se mantuvo durante 2012. Con un crecimiento de 40 millones de turistas, las llegadas de turistas internacionales alcanzaron los 1,035 millones, en comparación a los 995 millones registrados en el año 2011». (OMT,2013)

«La región de Asia y el Pacífico registró el mayor crecimiento de todas las regiones de turísticas con un incremento del 7%, es decir, 16 millones de llegadas de turistas internacionales más. África obtuvo un aumento del 6%, equivalente a tres millones de personas más. Las Américas también crecieron un 5% o, lo que es lo mismo, a 7 millones de turistas. Europa, que representa más de la mitad del total mundial, alcanzó un aumento del 3% o 18 millones de llegadas. Oriente medio aún no ha logrado retornar al crecimiento». (OMT, 2013)

La Organización Mundial del Turismo (OMT, por sus siglas en español), o United Nations World Tourism (UNWTO, por sus siglas en inglés), es la entidad que se encarga de realizar las estadísticas referentes al sector turístico. Esta es una organización que maneja a nivel mundial todo lo referente al turismo global. Según su informe de Panorama del Turismo Internacional del 2013, el cual presenta toda la estadística turística realizada en el año 2012, se reporta que la mayoría de turistas utiliza el transporte aéreo a la hora de realizar sus viajes (fig. 1).

Figura 62. Turismo receptor mundial por medio de transporte, 2012



Fuente: Organización Mundial del Turismo (OMT, 2013)

Este cuadro muestra claramente que el medio de transporte preferido por el turista es definitivamente el aéreo. El 52% representa una cantidad de 538.2 millones de turistas. Por carretera, el 40%, representa una cantidad de 414 millones de personas; por vía navegable, el 6%, son alrededor de 62.1 millones de personas y por último el ferrocarril, con el 2%, equivalente a 20.7 millones.

b. El turismo en Guatemala. Ya que Guatemala posee realmente un único aeropuerto de primer nivel, esto significa que este es la puerta de entrada y de salida para muchos extranjeros que visitan el país diariamente (Figura 63).

La figura siguiente muestra, claramente, que la vía aérea corresponde en ambos años alrededor de un 27%, lo que indica que casi una tercera parte de los turistas que ingresan al país lo hacen por vía aérea. Esto significa que alrededor de 500,000 personas extranjeras escogen al Aeropuerto La Aurora como medio de entrada al país anualmente. El turista extranjero que entra por vía terrestre es mayor, pues la mayoría de centroamericanos (no guatemaltecos) que visitan a Guatemala, se les facilita la entrada por automóvil o bus por el precio. Entonces, se puede decir que el aeropuerto es una parte fundamental para el turismo del país. Pero ¿qué sucedería si este se reubicara en un lugar menos peligroso y más propenso? ¿Incrementaría este traslado el turismo en el país? ¿Sería realmente positivo optar por este traslado?

Figura 63. Visitantes no residentes por vía en Guatemala (2012-2013)



Fuente: INGUAT, 2013

En el cuadro siguiente, se muestra como el turismo ha sido la actividad principal en la generación de divisas, es decir capital extranjero en la primera parte del año 2013. Por esto se puede deducir que una inversión en el sector del turismo se convertirá en un incremento en la cantidad de divisas que ingresan al país.

Tabla 3. Ingreso de divisas por actividad Primer Cuatrimestre 2013 *millones de dólares

Meses / Actividades	TURISMO *	CAFÉ	AZÚCAR	BANANO	CARDAMOMO
Enero	145.8	47.6	85.8	48.7	29.2
Febrero	110.8	67.1	144.5	46.4	28.1
Marzo	139.4	75.6	125.2	47.4	26.5
Abril	108.9	92.2	132.7	43.8	21.4
TOTAL	504.9	282.5	488.2	186.3	105.2

(Fuente: INGUAT, 2013)

2. La industria de viajes y turismo y su relación con la competitividad. A lo largo de los años, la industria del turismo se ha logrado mantener constante a pesar de lo disperejo de la economía mundial. El turismo es una industria que depende mucho de factores externos y la economía mundial es uno de los que más afecta el desarrollo de este. El sector se ha visto beneficiado por el factor de la globalización, pues los viajes han incrementado en mercados maduros y particularmente por el incremento en el poder adquisitivo la emergente clase media en países en vías en desarrollo en donde Guatemala no es la excepción. (World Economic Forum, 2013)

El sector de viajes y turismo ha continuado e incrementado su participación convirtiéndose en un sector clave para el crecimiento económico, así como para fungir como fuente de empleo sostenible en ambos sectores desarrollados y en vías de desarrollo. Un fuerte sector turístico contribuye de diversas maneras al desarrollo y a la economía. Directamente contribuye por medio del incremento en el ingreso nacional y mejora la balanza de pagos. Indirectamente por su efecto multiplicador y por medio del fomento de conexiones entre países, por medio de infraestructura, atributos que son esenciales para que un país sea económicamente más competitivo. (World Economic Forum, 2013)

A pesar del panorama económico tan mixto, los prospectos del sector de viajes y turismo no son tan sombríos. De acuerdo con la OMT, la llegada de turistas internacionales creció un 4% del año 2011 al 2012, por lo que el gasto y generación de divisas mundiales creció paralelamente. A pesar de que este incremento fue más marcado en países en vías en desarrollo tales como Brasil, China e Indonesia, el crecimiento si se notó en la mayoría de países del mundo y esto gracias a que la cantidad de viajeros con mayor capacidad de gasto creció. Vale la pena mencionar que la frecuencia, distancia y tiempo de viaje tiende a ser más corto, pero esto a su vez ha hecho que la cantidad de viajeros incremente, quizá porque el viaje ahora no necesariamente va ligado a un lujo o placer, sino a una necesidad. (World Economic Forum, 2013)

El sector del turismo sigue y seguirá siendo un sector clave para el desarrollo económico tanto para países que están desarrollándose y mejorando, como para los ya avanzados. Si se gestiona y maneja un con eficiencia el sector de viajes y turismo, se brinda un fuerte soporte a la creación de más oportunidades para la población de un país, pues es una industria generadora de riqueza. Así mismo, la industria se adapta al contexto cambiante internacional, pues ha mostrado progreso en múltiples frentes, siendo uno de los principales la aviación. (World Economic Forum, 2013)

a. Destinos turísticos en un mundo volátil. Después de la crisis financiera de 2007-08, la economía mundial enfrentó su desgracia más profunda en décadas. Aunque muchas economías se han recuperado, la volatilidad se ha mantenido como un riesgo para un mayor desarrollo financiero, económico, político y ambiental. La inestabilidad política está creciendo en el mundo, y los desastres ambientales tienden a ser más graves en sus efectos a corto plazo.

Además, otras fuerzas continúan en seguir el proceso de remodelar el futuro del mundo. La digitalización de la vida diaria ha acelerado la difusión de noticias; como resultado, los consumidores están desarrollando las decisiones de compra más flexibles y formas convencionales de hacer negocios están siendo desafiadas. (World Economic Forum, 2013)

Economías establecidas están sintiendo cada vez más el impacto del envejecimiento demográfico a través de la creciente presión sobre los sistemas de atención social y los cambiantes requerimientos necesarios para cumplir con la movilidad, vivienda, ocio y hábitos de las personas mayores. Al mismo tiempo, la nueva demanda se está desarrollando en el desarrollo regiones como los países BRIC (Brasil, Rusia, India y China) lo que lleva al cambio del perfil del viajero internacional. Todos estos cambios tendrán impactos significativos en los destinos turísticos. (World Economic Forum, 2013)

Los políticos son responsables de desarrollar el crecimiento de sus países como destinos turísticos exitosos frente a una gran variedad de impulsores del cambio en su país y en mercados clave emisores de turismo. Ellos tendrán progresivamente más y más sofisticados métodos para nutrir el desarrollo del sector turístico con éxito mediante el aumento del turismo receptor. En un mundo que es cada vez más volátil y un ambiente que es siempre cambiante, nuevas capacidades en la gestión del turismo y el desarrollo del sector son vitales si se quiere construir una economía más resistente en contra de eventos no manejables y para prepararse para la estabilidad a largo plazo. (World Economic Forum, 2013)

La gestión de destinos por medio de técnicas tales como campañas de publicidad o la presencia de las ferias de la industria están siendo cada vez más desplazadas. La comunicación con los viajeros en línea a través diversos canales directos o indirectos requiere muchos gestores de los destinos y los desarrolladores para rediseñar sus capacidades de marketing existentes. Al mismo tiempo, los destinos tienen que repensar su posicionamiento entre los países que compiten para prepararse para los shocks de demanda a corto plazo y los cambios a largo plazo del flujo de viajeros. (World Economic Forum, 2013)

Por otra parte, la inversión en infraestructura se enfrenta a nuevos obstáculos. Ecológicos, regulatorios, fiscales y político-sociales. Este tipo de limitaciones a menudo obstaculizan la ambiciosa expansión a gran escala, pues los proyectos son cada vez más complejos y difícil de manejar. Ejemplos de este tipo de

grandes proyectos que tienen demostrado son ferroviaria europea reciente y proyectos como el aeropuerto de Berlín, que ha tenido múltiples problemas y retrasos. (World Economic Forum, 2013)

Muchos destinos aún están teniendo problemas con su oferta turística, pues esta muchas veces no está a la alcance de todos y llega a muy pocos. Estos destinos están o pueden correr el riesgo de perder el contacto con los turistas de los países de las regiones emergentes, tales como Asia, Rusia o América Latina, cuyas necesidades difieren significativamente de los de la típico viajero occidental. Por ejemplo, la introducción de sofisticados métodos de segmentación de la demanda y el perfil para atraer el creciente número de viajeros chinos se convertirá cada vez más importante. (World Economic Forum, 2013)

Todos estos desafíos han afectado al turismo en los últimos años, pero no han detenido la dinámica general en el sector, que es impulsado por el deseo de viajar al extranjero, visitar lugares extranjeros, o simplemente relajarse. El sector sigue siendo un poderoso motor de crecimiento, lo que representa casi el 10 por ciento de la actividad económica mundial, si todos servicios adyacentes se tienen en cuenta. La inestabilidad es una nueva realidad que conlleva oportunidades y riesgos. Esta es la razón por la cual los gestores turísticos, políticos, y partes interesadas del sector privado deben actuar con inteligencia para desarrollar las capacidades adecuadas para tener éxito en el futuro. (World Economic Forum, 2013)

b. Estimulando el crecimiento económico y el desarrollo por medio del turismo. Durante las últimas seis décadas, el turismo ha seguido ampliándose y diversificándose; ahora es uno de los más grandes y de mayor crecimiento de los sectores económicos en el mundo. Muchos nuevos destinos turísticos han surgido junto a los tradicionales de Europa y América del Norte. Desde 1980-2011, las llegadas de turistas internacionales se han triplicado en todo el mundo, saltando de 279 millones en 1980 a 996 millones en 2011, correspondiente a un crecimiento promedio de 4.2% al año. (World Economic Forum, 2013)

En el mismo período, el valor de las exportaciones de turismo-ingresos por turismo internacional, incluidos el aumento de transporte internacional de pasajeros de 125 billones de dólares en 1980 a US \$ 1.240 millones en 2011, en términos reales, este corresponde a un crecimiento promedio de 4.1 por ciento al año, que es prácticamente el mismo ritmo que la llegada de turistas de e acuerdo con la Organización Mundial del Turismo (OMT). Hacia 2030, se espera que las llegadas de turistas internacionales sigan creciendo al ritmo sostenido de 3.3 por ciento al año en promedio, llegando a 1.8 mil millones para el año 2030. Las llegadas internacionales de turistas en los destinos de economías emergentes de Asia, América Latina, Europa Central y del Este, Mediterráneo Oriental, el Medio Oriente, y África crecerá al doble del ritmo (4,4 por ciento al año) de los destinos de las economías avanzadas (2.2 por ciento al año). Como resultado, se espera que las llegadas de las economías emergentes superen los de las economías avanzadas en 2015. En 2030, un 57% de las llegadas de turistas internacionales se producirá en una economía emergente. Las llegadas a destinos de economías avanzadas conformarán el 43% de las llegadas totales. Con el fin de aprovechar plenamente los beneficios que el turismo puede aportar a la economía, es necesario poner condiciones que hacen que el país sea fácil de visitar, así como atractivo para desarrollar, y para facilitar la inversión en el sector de viajes y turismo. (World Economic Forum, 2013)

Las políticas de visas se encuentran entre los más importantes trámites gubernamentales que influyen en el turismo internacional. El desarrollo de las políticas y procedimientos de visado, así como para otros documentos de viaje importantes tales como pasaportes, está estrechamente relacionado con el desarrollo del turismo. Con el rápido crecimiento del turismo internacional en las últimas seis décadas, la calidad, la fiabilidad y la funcionalidad de visados y otros documentos de viaje ha evolucionado. Hace sólo medio siglo, los viajes eran muy afectados por regulaciones de aduana, las limitaciones en el de divisas y los trámites de visado. Una gran parte de los avances se ha hecho en su facilitación, lo que ha contribuido al notable crecimiento del sector turismo. (World Economic Forum, 2013)

Los acuerdos multilaterales que eximen mutuamente la totalidad o determinadas categorías de viajeros de la obligación de visado son particularmente notables. Sin embargo, a pesar de los progresos realizados, las políticas de visado actuales siguen siendo regularmente catalogadas como inadecuadas e ineficientes, y son por tanto vistas como un obstáculo para el crecimiento del turismo. Las visas realizan varias funciones. Sirven para garantizar la seguridad; para controlar la inmigración y limitar la entrada, la duración de la estancia, o las actividades de los viajeros; a generar ingresos y aplicar medidas de reciprocidad; y para asegurar la capacidad de carga de un destino y el control la demanda turística. Aunque la seguridad es comúnmente citada como la razón más importante para imponer una el requisito de una visa, en la práctica, todas las funciones indicadas anteriormente se utilizan como fundamentos para establecer o mantener una visa. Los viajeros ven visas principalmente como una formalidad que impone un costo. Si el costo de la obtención de una visa, ya sea el costo monetario directo impuesto en forma de tasas o la costos indirectos, que pueden incluir la distancia, el tiempo dedicado para esperar en líneas, y la complejidad del procesamiento supera un umbral, los viajeros potenciales son simplemente disuadidos de realizar un recorrido determinado o elegir un destino alternativo con menos complicaciones. Este hallazgo no es nuevo. (World Economic Forum, 2013)

c. Los beneficios económicos de la aviación. La industria de la aviación apoya el turismo y al negocio internacional, proporcionando la única y más rápida red de transporte del mundo. Las aerolíneas transportaron 2.8 mil millones pasajeros y 47.6 millones de toneladas métricas de carga aérea en 2011, que conecta las ciudades del mundo con 36.000 rutas aéreas. Al proporcionar estos servicios, la industria de la aviación juega un papel importante en el fomento del crecimiento económico pues proporcionar diversos beneficios económicos y sociales. La Asociación de Transporte Aéreo Internacional (IATA) encargó a Oxford Economic la tarea de estimar los beneficios económicos y sociales de la aviación en más de 80 países de todo el mundo en los últimos tres años. El análisis incluye la huella económica tradicional de la industria, medida por la contribución de la aviación a producto interno bruto (PIB), el empleo y los ingresos fiscales generados por el sector y su cadena de suministro. Sin embargo, el valor económico creado por la industria va más allá del valor capturado por estas medidas. Por tanto, el estudio también investiga los impactos positivos de la conectividad proporcionada por los servicios de transporte aéreo. (World Economic Forum, 2013)

Las conexiones entre las ciudades y los mercados producen un activo importante infraestructural que facilita las actividades que mejoran la productividad de una nación. Más específicamente, el transporte aéreo permite la inversión extranjera directa (IED), desarrollo de clústers de negocios, la especialización, por mencionar algunos. El análisis producido por Oxford Economics es uno de los primeros intentos de estimar estos beneficios de la conectividad. (World Economic Forum, 2013)

La industria de la aviación genera directamente el empleo y la actividad económica a través dos áreas: la operación de las líneas aéreas y la infraestructura terrestre. El impacto directo del sector de la aviación en el empleo y el PIB en una nación determinada se refleja en los recursos nacionales utilizado para entregar todos esos servicios. Los recursos empleados por el sector de la aviación son medidos por su valor añadido bruto (VAB). Oxford Economics estima el VAB ya sea considerando la salida creada por el sector menos el costo de comprar entradas (una medida neta de salida), o por la suma de los beneficios y los salarios (antes de impuestos) generadas por el sector de actividad económica (una medida de la renta). Esto le da una contribución directa del sector al PIB. A nivel mundial, en 2010 los sectores de la aviación directamente contribuyeron con 8,4 millones de puestos de trabajo y 539 millones de dólares para el PIB mundial. (World Economic Forum, 2013)

El sector de la aviación contribuye también a otras industrias facilitando su crecimiento y el apoyo a sus operaciones, incluso si estas industrias están muy alejadas de los componentes directos o indirectos del sector de la aviación. Por ejemplo, los actos de transporte aéreo como un catalizador para beneficios más amplios en su papel como un componente crítico y facilitador de los negocios globales y el turismo. A través de su velocidad, comodidad y accesibilidad, el transporte aéreo crea mayores oportunidades tanto para el ocio como para los negocios viajeros por medio de experimentar una serie de geografías, culturas, y mercados. Con 51% de los turistas internacionales viajando por aire, el sector de la aviación es fundamental para el industria del turismo, que a su vez es una fuente importante de crecimiento económico para muchos países, en particular en los de vías en desarrollo. (World Economic Forum, 2013)

A nivel mundial, el transporte aéreo va paralelo con 34.5 millones de puestos de trabajo en el turismo, contribuyendo alrededor de 762 millones de dólares al año para PIB mundial. Cuando se combinan los beneficios directos, indirectos e inducidos, se estima que la huella económica mundial de la aviación aporta 56,6 millones puestos de trabajo y contribuye con 2,2 billones de dólares al PIB mundial. (World Economic Forum, 2013)

La IATA desarrolló un indicador de conectividad para medir la el grado de integración que una nación tiene dentro la red global de transporte aéreo. El indicador refleja el número y la importancia económica que poseen los destinos desde los principales aeropuertos del país, así como la frecuencia del servicio y el número de conexiones disponibles a través de la aviación de cada red manejada por el país. La conectividad aumenta cuando cualquiera de estos parámetros incrementa. El desarrollo de la industria de la aviación en épocas recientes ha llevado a una mejora en la conectividad. Como consecuencia, los pasajeros de transporte aéreo han cosechado varios beneficios, incluyendo reducciones en el tiempo de viaje, el aumento de la disponibilidad y frecuencia de los servicios, mejoras en la programación, y una mejor calidad de servicio global (incluyendo una mayor fiabilidad y puntualidad). (World Economic Forum, 2013)

Por otra parte, las mejoras en la conectividad tienen también llevado a una caída gradual en los costos de los viajes aéreos. El costo de servicios de transporte aéreo, en términos reales, ha caído alrededor de 1% por año durante los últimos 40 años. El transporte aéreo también se ha vuelto más asequible si se compara con otros modos de transporte: su costo relativo ha caído por un estimado de 2.5% por año desde la década de 1990. Estos acontecimientos han contribuido a la rápida expansión en volumen de pasajeros y de carga aérea en los últimos 40 años. El transporte aéreo también se ha vuelto cada vez más competitivo en relación con otros medios de transporte. El mayor beneficio económico de aumento de la conectividad viene a través de su impacto en el rendimiento a largo plazo de la economía en general. (World Economic Forum, 2013)

Las mejoras en la conectividad contribuyen al desarrollo económico y al desempeño de la economía en general, mejorando su nivel general de la productividad. El incremento en la productividad en las empresas fuera del sector de la aviación se logra de dos maneras. En primer lugar, mejorando la productividad de las empresas nacionales con un mayor acceso a los mercados extranjeros, así como una mayor competencia extranjera en el mercado interno. En segundo lugar, las mejoras en la productividad también son el resultado de la libre circulación de capitales y la inversión entre los países trabajadores. (World Economic Forum, 2013)

Al dar a las empresas nacionales el acceso a los mercados extranjeros, la conectividad del transporte aéreo apoya las exportaciones y aumenta simultáneamente la competencia y la elección en el mercado interno de productores radicados en el exterior. Esto a su vez alienta a las empresas a especializarse en áreas en las que poseen una ventaja comparativa, lo que permite a las oportunidades de aprovechar las economías de escala, lo que reduce la producción de costes y en última instancia beneficia a los consumidores nacionales. Los costes también pueden reducirse mediante la exposición de las empresas domésticas a las mejores prácticas internacionales en la producción y la gestión y el fomento de la innovación. La competencia puede beneficiar aún más a los clientes nacionales reduciendo el margen de beneficio sobre el coste que las empresas cobran a sus clientes. (World Economic Forum, 2013)

El aumento de la conectividad también puede mejorar la economía y el rendimiento porque facilita que las empresas inviertan fuera de su país de origen. El vínculo claro entre conectividad y la IED es que la inversión extranjera implica necesariamente un cierto movimiento de recursos humanos para facilitar la transferencia de conocimientos técnicos y / o supervisión de la gestión. Además, el aumento de la conectividad permite a las empresas a explotar la velocidad y fiabilidad del transporte aéreo a los componentes de la nave entre plantas en sitios distantes, reduciendo así la necesidad de mantener existencias de inventario como un amortiguador. Finalmente, la mejora de la conectividad puede favorecer la entrada de inversiones porque el aumento del tráfico de pasajeros y el comercio que acompaña una mejora de la conectividad puede conducir a un entorno más favorable en el que las empresas extranjeras pueden operar. (World Economic Forum, 2013)

d. El turismo como medio de crecimiento de empleos. El sector de viajes y turismo es uno de los principales creadores de empleo en el mundo. La industria emplea a más de 98 millones de personas directamente, que representan más del 3% de todo el empleo en el mundo. Cuando los impactos indirectos e inducidos se incluyen, la industria contribuye a alrededor de uno en cada once empleos en todo el mundo.

La proporción del empleo mundial en viajes y turismo es mayor que la de la industria de fabricación de automóviles y la de la industria de productos químicos combinada, a través de todas las regiones del mundo.

Por otra parte, las perspectivas para la industria es relativamente positivo: el crecimiento del empleo en viajes y turismo se prevé que crezca a un promedio de 1.9% anual en la próxima década, en comparación al crecimiento anual de 1.2% para el total de empleos en la economía global. (World Economic Forum, 2013) En las últimas dos décadas, viajes y turismo ha jugado un papel cada vez más importante en la vida económica y desarrollo de muchos países. El aumento de los viajes alrededor del mundo se ha visto impulsado por el crecimiento de los ingresos reales; una mayor cantidad de tiempo libre; mejoría en los sistemas de transporte accesibles; globalización en curso de los vínculos comerciales, incluyendo las cadenas de suministro; sistemas de comunicación eficaces que facilitan el comercio; y una ampliación en la oferta de servicios turísticos. Aunque se necesita una inversión inicial de infraestructura, a medida que más gente viaja, la infraestructura turística adicional se incrementa y cada vez más personas trabajan para atender las necesidades de los turistas. A mayor cantidad de visitantes que van a un destino, la mayor cantidad de hoteles, restaurantes, y servicios turísticos complementarios son necesarios, lo que genera mayor cantidad de puestos de trabajo. Los beneficios del turismo relacionados a puestos de trabajo se multiplican aún más a través de la economía para los proveedores que apoyan a la industria. Viajes y turismo es una opción particularmente atractiva para estimular el desarrollo en las zonas rurales y de bajos ingresos, países y regiones que se han basado en gran medida al uso de la agricultura como medio de subsistencia. (World Economic Forum, 2013)

El desarrollo del turismo también puede ser bien aceptado por las poblaciones locales, ya que puede generar empleo estable y de ingresos, siempre y cuando la promoción del patrimonio cultural y tradiciones formen parte del manejo de todos los elementos de un destino. Esto brinda una mejor experiencia al turista y se convierte en atractivo para los visitantes. Muchos países también están pasando de la manufactura a economías de servicios. Estas economías de servicios son mucho más intensivas en el factor de mano de obra, que las economías de fabricación mecanizada.

El empleo en términos de viajes y turismo como proporción del total empleo mundial siguió una tendencia general al alza a lo largo de la década de 1990 y principios de 2000, retrocediendo en años más recientes, en parte debido a los patrones cíclicos y los cambios en el mix de destinos. A mediados de la década de 2000, el empleo directo en la industria se superó en un 3.5%. Este sector tiende a seguir el ciclo general de negocios de una manera exagerada, con un crecimiento más fuerte que el promedio durante los períodos de expansión y pérdidas de empleo más grave de lo normal durante las recesiones. En los períodos de desaceleración económica, la renta disponible en el crecimiento se desacelera y deja menos recursos disponibles a los consumidores de viajes, lo que resulta en ambos menos viajes y opciones de viaje menos

costosos. Buscando el ahorro en costos, los turistas pueden elegir un destino más cerca del hogar (lo que potencialmente aumenta el número de visitantes en algunos destinos) o un paquete de vacaciones más corto, o reducir su presupuesto para salir a comer y comprar recuerdos. (World Economic Forum, 2013)

Presupuestos para viajes de negocios también suelen venir bajo presión durante las crisis económicas, ya que son a menudo vistos como un área donde las empresas pueden ahorrar costos. Por supuesto, la dinámica opera en la dirección opuesta durante los períodos de expansión. A finales de 1990, el empleo global en turismo crecía a tasas de hasta un 4% por año. El ritmo de crecimiento se desaceleró a lo largo de la recesión en 2001 y 2002, y el cambio en el empleo en viajes y turismo fue más pronunciado de lo que era para generar empleo. Durante la expansión de 2003-06, el empleo mundial en la industria retomó a su papel global retomando el crecimiento del empleo; de nuevo, sufrió más duro que la media las pérdidas durante la recesión más reciente en 2009.

La recuperación del empleo ya ha comenzado y el pronóstico espera que el crecimiento del empleo en el sector supere el crecimiento general del empleo. En la investigación anual de impacto económico realizado por la WTTC y Oxford Economics se espera que el empleo relacionado de cualquier forma con viajes y turismo crezca a un promedio de 1.9% anual durante los próximos 10 años, en comparación con crecimiento del empleo total del 1.2% anual cada año hasta el 2022. Esta prima se explica en parte por el continuo aumento de turismo y en la demanda de los países pertenecientes a los mercados emergentes. De hecho, mirando el impacto económico de Viajes y Turismo en su conjunto, Oxford Economics espera que la contribución de la industria al PIB crezca a un promedio tasa anual de 4.2% durante los próximos 10 años, más fuerte que las predicciones de crecimiento mundial total del 3.6%. (World Economic Forum, 2013)

I. Planificación y construcción de un aeródromo

1. Proceso de planificación y diseño. A continuación se describe de forma resumida el proceso de planificación y el diseño de una terminal, lo que incluye tipos de proyectos, tipos de servicios y el enfoque típico asociado a proyectos de instalaciones terminales según el Programa Cooperativo de Investigación de Aeropuertos de la Administración Federal de Aviación. (Airport Cooperative Research Program, 2010)

a. Tipos de proyectos. Los proyectos de terminales aéreas varían por el tamaño del aeropuerto, dependiendo si será uno nuevo o si será parte de una infraestructura existente y también por su misión específica.

1) Terminales grandes, medianas y pequeñas de aeropuertos centrales de distribución. El tamaño de las terminales aéreas dependerá de diversos factores, el principal siendo la cantidad de pasajeros anualmente que alberga el mismo y el tipo de servicio que prestará.

Tabla 4. Definición de categorías de aeropuertos.

Clasificación de aeropuertos		Tipo de centro de distribución: Porcentaje de embarques anuales de pasajeros a nivel mundial	Nombre común
Servicio comercial: Aeropuertos de propiedad pública con <u>por lo menos</u> <u>2,500</u> abordajes de pasajeros al año y reciben servicio regular de pasajeros	Primario: Trabajan <u>más de 10,000</u> abordajes de pasajeros al año	Grande 1% o más	Centro de distribución grande
		Mediano Entre 0.25% y 1%	Centro de distribución mediano
		Pequeño Entre 0.05% y 0.25%	Centro de distribución pequeño
		No centro de distribución más de 10,000 menos de 0.05%	No centro de distribución primario
	No primarios	No centro de distribución Entre 2,500 y 10,000 embarques de pasajeros	No servicio comercial primario
No primarios (excepto los de Servicio Comercial)		No aplica	Aeropuerto de relevo

Fuente: Airport Cooperative Research Program, 2010.
Elaboración propia.

2) Proyectos nuevos, expansiones y renovaciones. La planificación y el diseño de una terminal se pueden clasificar en nueva terminal en un nuevo sitio o expansión o renovación de una terminal existente. En algunos casos, se debe clasificar el proyecto como reemplazo de terminal si se reemplaza por completo una terminal con instalaciones completamente nuevas, pero no tiene cambios significativos en puertas para aeronaves o capacidad de organización de pasajeros. En caso de que se aumentara significativamente la actividad de puertas o pasajeros, puede ser necesario realizar un nuevo estudio de impacto ambiental.

3) Misión de la terminal. La misión de la terminal tendrá efectos significativos en el tamaño y configuración de la terminal. Las misiones que puede tener una terminal varían dependiendo del uso que se le pueda dar a la instalaciones, ya sea para pasajeros domésticos o internacionales; para aerolíneas tradicionales o de bajo costo o para alojar múltiples aerolíneas; para operaciones de distribución con altos porcentajes de conexiones o principalmente para operaciones de origen y destino.

Y en el contexto de un Plan Maestro del Aeropuerto general, influye en gran medida en el tamaño y la configuración del complejo terminal si las proyecciones de tráfico serán recibidas en una sola terminal consolidada o en varias terminales.

b. Tipos de servicios. Los servicios técnicos que forman parte del diseño y planificación de una terminal aérea se pueden agrupar en cuatro categorías principales que son: instalaciones de programación, planificación, diseño y análisis técnico especializado.

1) Instalaciones de servicios de programación. Esta categoría de servicios contiene generalidades del proyecto y sienta las bases para todo el proceso que se llevará a cabo después.

- Parámetros del proyecto, incluye los parámetros del proyecto que especifica las metas y objetivos del proyecto.
- Estimación de demanda/capacidad, consiste en analizar la demanda actual de pasajeros y la compara con la capacidad de las instalaciones existentes para satisfacer dicha demanda. Este análisis establece una línea base para la terminal existente, que identifica el tamaño y el número de las diversas instalaciones que componen el complejo terminal. Los resultados de este análisis indican si se necesitan instalaciones adicionales para satisfacer la demanda actual.
- Programa de espacio para la terminal, la mayoría de proyectos de terminales aéreas incluirán servicios para requerimientos de instalaciones futuras de complejos terminales basados en proyecciones estimadas.

2) Servicios de planificación. En esta categoría, se toman los requerimientos de las instalaciones y se transforman en planes conceptuales.

a) Servicios de planificación conceptual. Este servicio se encarga de tomar el programa de instalaciones de la terminal y preparar varios planos conceptuales del complejo terminal y planos esquemáticos del edificio terminal.

b) Servicios de planificación avanzada. Este servicio tiene más detalles en los conceptos de la terminal. Se cuenta con planos conceptuales más detallados y se crean secciones basadas en un programa espacial que refleja específicamente el tipo de concepto de la terminal. Durante esta fase, se crean planos del sitio, del edificio, secciones e imágenes tridimensionales (3D), para tener una idea más detallada del proyecto.

c) Servicios de diseño. En este momento se empieza a trabajar con servicios de arquitectura e ingeniería para desarrollar un diseño esquemático del edificio terminal.

d) Servicios de análisis técnico especializado. Algunos servicios en el proceso de planificación y diseño de la terminal son muy especializados para las instalaciones de la terminal. Estos servicios son modelos de simulación de la terminal, estacionamiento de aeronaves y maniobrabilidad, análisis de punto de evento, análisis de puente de carga de pasajeros y ubicación de la estación de combustible en tierra.

1. Simulaciones de terminal. Los modelos de simulación sirven para medir cuantitativamente el comportamiento de los niveles de servicio de la terminal existente, ya que se determina el punto de evento en que se necesitarían instalaciones futuras, o se aprueba el comportamiento de un diseño esquemático antes de empezar la fase de diseño y desarrollo arquitectónico. También se realiza la simulación de las calles de rodaje, plataforma de descarga de equipaje de pasajeros y la red de carreteras de apoyo.

2. Análisis de punto de evento. Es una actividad parecida al análisis de demanda/capacidad. El análisis de punto de evento examina el momento en que la función principal de la terminal deja de cumplir con los niveles aceptables de servicio. Ese servicio se puede hacer con la ayuda de varias fórmulas de programación o usando modelos de simulación.

3. Posición de estacionamiento y maniobrabilidad de aeronaves. Se hace con ayuda de un software que ayuda a probar la viabilidad de la posición de estacionamiento de una aeronave en la puerta de una terminal o en un puesto de estacionamiento remoto. El servicio garantiza que las posiciones de estacionamiento de aeronaves, líneas de entrada y separación de puntas de ala estén trabajando apropiadamente dentro de la configuración que se estudia.

4. Análisis del puente de pasajeros. Este servicio analiza una combinación entre el análisis antes descrito de posición de estacionamiento de aeronaves y la determinación de tipo y ubicación de puente de pasajeros que se necesita para conectarlo con la aeronave que se está estacionando.

c. Programación de instalaciones. La clave de desarrollar un programa de terminal útil es predecir el tipo y la configuración probable de la terminal. El administrador, el equipo de diseño y el cliente deben coincidir con la información requerida y la integridad de las previsiones y los datos existentes es crucial para acordar un horario, presupuesto y los participantes en el proceso de programación.

El primer paso es considerar el número y tipo de terminales que se van a desarrollar. Cuando se trabajan terminales múltiples, se multiplica la necesidad de accesos terrestres y los sistemas e instalaciones internos para organización de pasajeros. También incrementan los posibles problemas de conectividad y tiempos de conexión entre aerolíneas. Es importante tomar en cuenta que cada terminal debe ser capaz de responder a sus propias demandas en términos de la planificación espacial y de sistemas. De la misma manera, se debe tomar en cuenta que si se busca tener terminales domésticas pequeñas, las necesidades y características serán diferentes. Cada una de estas características le deben dar una idea al programador para recolectar, organizar y analizar datos de forma útil para el equipo de diseño.

El tipo de configuración de la terminal también tiene un impacto directo en las necesidades programáticas de las instalaciones. Por ejemplo, existen dos enfoques organizacionales primarios para el administrador del proyecto: organización de pasajeros y equipaje centralizado y descentralizado. Además, también existen cuatro configuraciones generales básicas de la terminal: lineal, finger/muelle, satélite y transportador.

d. Planificación conceptual. El proceso de planificación de una terminal usualmente consiste en varias iteraciones de los conceptos desarrollados para recibir retroalimentación y así reducir las alternativas de diseño. Los principales pasos que iterativos que se deben tomar en cuenta son:

1) Primera iteración de la planificación.

a) Definición de oportunidades y limitaciones.

1. Físicas como límites del sitio. Se pueden hacer con ilustraciones diagramáticas.
2. No físicas como guías políticas o de reglas.

b) Desarrollo de opciones iniciales. Le hace una lista inicial de opciones de distribución de los elementos del aeropuerto.

c) Evaluación inicial. Se pueden tomar en cuenta los siguientes criterios:

- Lado aéreo.
- Terminal.
- Viabilidad de la implementación.
- Flexibilidad.
- Sostenibilidad.
- Asuntos ambientales y de la comunidad.
- Uso del suelo.
- Costos de capital.
- Costos de operación.

2) Segunda iteración de la planificación

a) Conceptos seleccionados. Se reagrupan los conceptos de tal manera que se hace una evaluación más específica. Se pueden hacer planos más específicos para reducir la lista de conceptos y hacer un análisis de costos y compararlos con el presupuesto.

b) Segunda evaluación.

c) Concepto de desarrollo de terminal recomendado. Se hace otra revisión de todos los conceptos que se seleccionaron en la segunda iteración y se dan a los inversionistas para su aprobación.

3) Tercera iteración: Refinamiento de conceptos

a) Plan de refinamiento de conceptos. También se le llama planificación avanzada porque empieza a definir la disposición interna funcional del aeropuerto con más detalle. Es en este momento donde se hace un programa espacial específico y se empieza a dar forma a la terminal, lo que permite hacer un modelo tridimensional para hacer estimaciones de costos más acertados.

b) Planificación de concesiones. En este momento se toma en cuenta el lugar donde se ubicarán los comercios para que estos tengan la mayor exposición posible hacia los pasajeros a lo largo de la terminal. Este plano debe incluir tanto los tamaños como las ubicaciones de las diferentes áreas de venta.

c) Fases conceptuales. Se muestran las principales fases de construcción para tener información adicional acerca del flujo de efectivo que habrá durante el proyecto.

d) Documento de criterios del programa. En este documento se describe el plan refinado de la terminal, programa espacial, fases de construcción y programa de concesiones que servirá de guía para el diseño arquitectónico y de ingeniería.

e. Proceso de diseño. El proceso de diseño sigue tradicionalmente tres etapas básicas que son:

1) Diseño esquemático. Es básicamente trasladar la información del nivel conceptual a un formato arquitectónico.

2) Diseño y desarrollo. En este momento se empata la información arquitectónica con códigos de construcción para que lo que se está diseñando cumpla con requerimientos estructurales.

3) Contratos. Se generan todos los documentos necesarios para la construcción como planos, especificaciones y los inversionistas hacen una última revisión.

f. Ingeniería de valor. La ingeniería de valor es una revisión organizada de la propuesta del diseño aeroportuario con el fin de identificar los posibles cambios al diseño del proyecto que se pueden convertir en la minimización de los costos de capital y operación siempre teniendo en cuenta las metas y objetivos del proyecto.

g. Proceso constructivo. En muchos de los aeropuertos que tienen limitaciones de espacio actualmente, el proceso constructivo puede llegar a ser un gran desafío ya que la implementación debe llevarse a cabo mientras el aeropuerto se encuentra operando. Un plan de gestión administrativo para la construcción de un aeropuerto puede ser implementado para poder realizar el proyecto sin accidentes, en costo y tiempo lo cual es crítico para el éxito de cualquier proyecto. Es importante tomar en cuenta los siguientes factores en la construcción:

1) Gestión de programas. El rol del especialista en la gestión del programa es asegurarse de que todos los aspectos del proyecto sean completados en tiempo y costo. Este debe definir especificaciones, requerimientos y alcances del trabajo de cada proyecto. También debe establecer presupuestos realistas y desarrollar los cronogramas necesarios para completar el programa.

2) Gestión de la construcción. El rol del *Construction Manager* es inspeccionar la construcción, controlar cronogramas y costos, proveer comunicación y coordinación, administrar los contratos y asegurarse del cumplimiento de las regulaciones.

3) Opciones de entrega del proyecto. Hay tres medios para implementar la construcción de un proyecto aeroportuario y un medio para concesionarla:

a) “Design-Bid-Build” (Diseño-Licitación-Construcción). Es el método tradicional de ejecución de proyectos en el cual el propietario delega el diseño y responsabilidades de construcción a un arquitecto o ingeniero independiente y un contratista privado. Este método requiere de dos contratos separados, uno entre el propietario y el diseñador y un segundo contrato entre el propietario y el contratista. Utilizando este proceso se divide el proceso en tres fases: Fase de diseño, fase de licitación y fase de

construcción. La licitación de este método implica que el contratista oferte una suma global por todos los trabajos a realizar y que provea al propietario con su oferta más baja.

b) “*Design-Build*” (Diseño-Construcción). Es un acuerdo en donde el propietario contrata únicamente a una entidad, generalmente un contratista que trabaja con subcontratistas para trabajar el diseño y la construcción del proyecto. La diferencia con el método anterior es que en el Design-Build únicamente se hace un contrato.

c) “*Construction Management At-Risk*”. En este modelo, el propietario contrata un arquitecto pero al mismo tiempo se convierte en el administrador de la construcción. Este contratista provee sus conocimientos durante el diseño, la programación y el proceso de documentación. El propietario provee al contratista un costo máximo de construcción y en caso este exceda el costo deberá absorberlo el contratista.

d) “*Build-Operate-Transfer*” BOT (Construcción – Operación – Transferencia). Este es un tipo de acuerdo en el cual una entidad privada recibe la concesión de una entidad pública para financiar, diseñar, construir y comercializar el proyecto durante una cantidad determinada de tiempo, generalmente entre 20 y 30 años. Durante la concesión, la empresa puede disponer de cobrar a los usuarios rentas, impuestos y otros cargos definidos en el contrato de concesión. Estos cargos permiten a la entidad privada recobrar su inversión inicial y cubrir los gastos de operación y mantenimiento más un retorno razonable.

Al final del plazo de la concesión, la autoridad concedente puede:

1. Administrar el proyecto.
2. Licitar el proyecto bajo la modalidad de Mantenimiento – Operación – Transferencia.

h. Aprobación y certificación. Los códigos de construcción y otras regulaciones tienen estándares que han sido adoptados para proteger la salud y seguridad de las personas. Este tipo de proyectos deben ser inspeccionados para asegurarse de que cada proyecto cumple con los estándares y normas de los códigos locales. Después de que el proyecto aprueba su inspección final, se debe emitir un Certificado de Ocupación para poder iniciar la explotación del aeropuerto.

J. Requerimientos técnicos de diseño

1. Aeronave crítica de diseño. Para diseñar un nuevo aeropuerto o la ampliación de uno existente, se debe elegir una o varias aeronaves críticas de diseño, dependiendo del tipo de aeropuerto que se está buscando diseñar, ya sea un aeropuerto privado que busca tener capacidad para cierto tipo de aeronaves y no se le da tanta importancia a la frecuencia con la que se usan las pistas; o un aeropuerto comercial donde se busca balancear la frecuencia de uso de pistas con las diferentes dimensiones que tendrán las aeronaves.

En caso de que se pretenda que el aeropuerto cuente con más de una pista, cada una de ellas debe tener su propia aeronave de diseño.

La elección de la aeronave crítica de diseño dependerá de la demanda proyectada que se tenga para el aeropuerto en cuestión, la cual a su vez, depende del tipo de aeropuerto a diseñar, ya sea de pasajeros o de

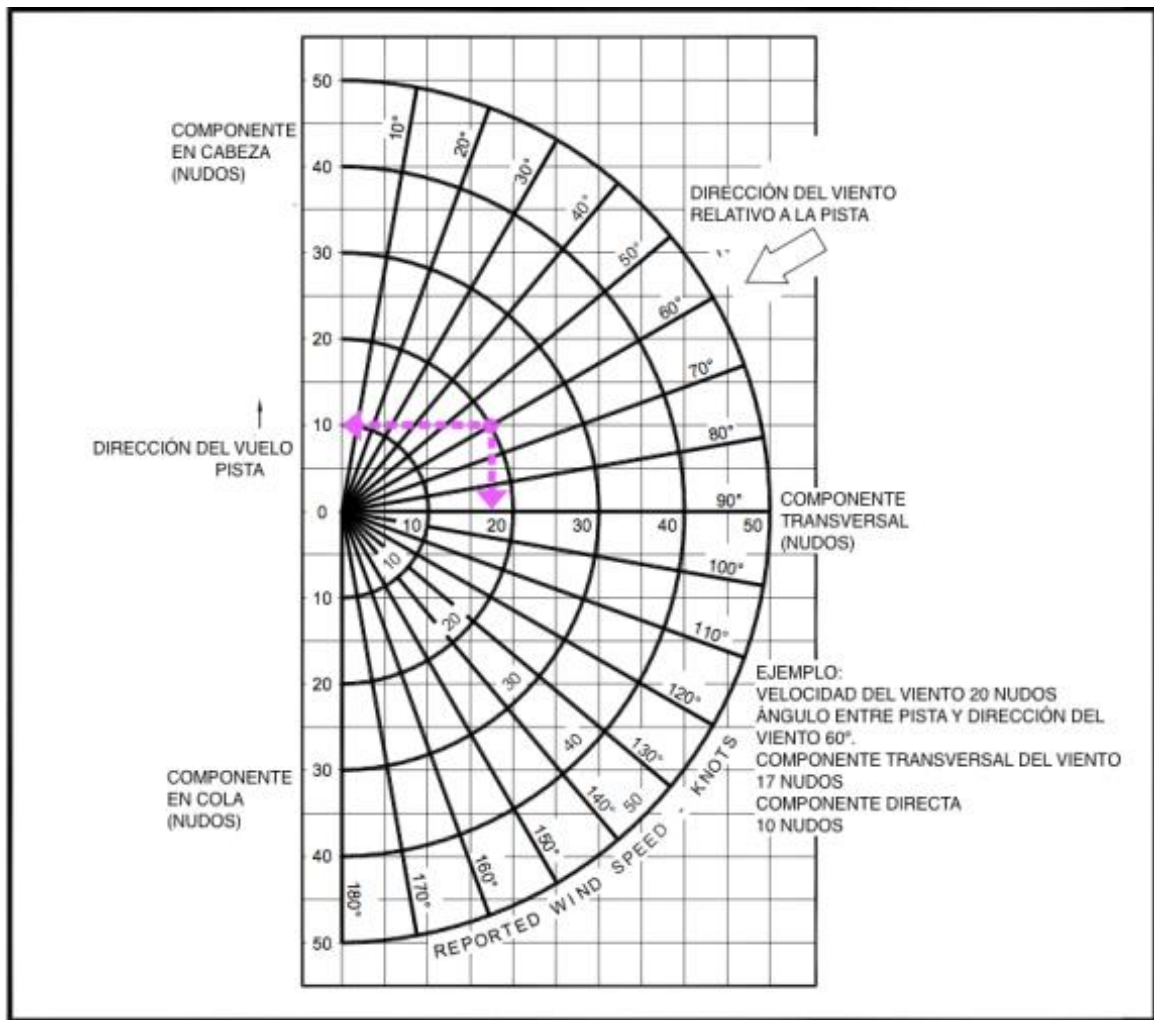
carga y si será regional o internacional. También es importante tomar en cuenta la demanda regional de vuelos. En el Apéndice B, encontrará una lista de los aviones más comunes.

2. Pista

a. Número y orientación de las pistas. Para determinar el número y orientación de pistas hay que tomar en cuenta varios factores que pueden influir. Uno de los principales factores es el coeficiente de utilización, el cual depende de la distribución de los vientos, el cual no debería ser inferior al 95%.

b. Componente transversal máxima admisible del viento. Idealmente la pista debe estar alineada al viento predominante. Mientras más pequeña sea la aeronave, más se verá afectada por el viento, particularmente por el componente transversal del mismo. La velocidad y dirección de la componente transversal del viento es el vector resultante que actúa a un ángulo recto a la pista. Con ayuda del siguiente diagrama, se pueden determinar las componentes que afectan tanto de frente al avión, como en cola.

Figura 64. Diagrama de vectores del viento



Fuente: Administración Federal de Aviación, 2014.

En circunstancias normales, una componente transversal del viento impide el aterrizaje o despegue de un avión si excede de:

Tabla 5. Componente transversal del viento.

Longitud de campo de referencia del avión	Componente transversal del viento	
< 1,200 m	19 km/h	Excepto cuando se presenten con alguna frecuencia condiciones de eficacia de frenado deficiente en la pista debido a que el coeficiente de fricción longitudinal es insuficiente, en cuyo caso debería suponerse una componente transversal del viento que no exceda de 24 km/h.
1,200 m - 1, 500 m	24 km/h	
> 1,500 m	37 km/h	

Fuente: OACI, 2006.
Elaboración propia.

c. Longitud de la pista. La longitud mínima especificada debería ser adecuada para satisfacer las operaciones de despegue y aterrizaje con seguridad de los aviones para los que se proyecte la pista, bajo condiciones del nivel del mar, presión estándar, 15°C de temperatura, vientos nulos y pendientes cero. Esta longitud básica se establece tomando como base los valores contenidos en el manual de vuelo del avión crítico de diseño.

La longitud de pista debería ser igual a la del recorrido de despegue requerido, o a la distancia de aterrizaje requerida, si es mayor. Sin embargo, la OACI en su Manual de diseño de aeródromos, Parte 1, Pistas menciona que si bien es cierto que las distancias de aterrizaje no son críticas, se debe consultar los diagramas de desempeño de aterrizaje de los aviones para corroborar qué requisitos de longitud de pista para el despegue garantizarán una longitud adecuada para el aterrizaje.

1) Correcciones de la longitud de la pista

a) Elevación. Tanto la longitud de despegue como la de aterrizaje deben aumentarse a razón de 7% por cada 300 m de elevación.

b) Temperatura. La longitud de la pista determinada según la corrección de elevación deberá aumentarse a su vez a razón de 1% por cada 1°C en que la temperatura de referencia del aeródromo exceda a la temperatura de la atmosfera tipo correspondiente a la elevación del aeródromo.

Tabla 6. Valores atmosféricos tipo

Altitud (m)	Temperatura (°C)	Presión (kg/m ³)
0	15.00	1.23
500	11.75	1.17
1000	8.50	1.11
1500	5.25	1.06
2000	2.00	1.01
2500	-1.25	0.96
3000	-4.50	0.91
3500	-7.75	0.86
4000	-10.98	0.82
4500	-14.23	0.78
5000	-17.47	0.74
5500	-20.72	0.70
6000	-23.96	0.66

Fuente: Organización de Aeronáutica Civil Internacional, 2006.

c) Pendiente de la pista. Cuando la longitud básica determinada por los requisitos del despegue sea de 900 o más, la longitud obtenida luego de las correcciones por elevación y temperatura, deberá aumentarse a razón de 10% por cada 1% de pendiente de pista.

Si luego de hacer las correcciones de longitud de pista, esta es demasiado grande y eleva mucho los costos o simplemente en el sitio a construir el aeropuerto no hay suficiente espacio para ubicar la pista, se debe hacer una reducción en el peso máximo de despegue de la aeronave crítica de diseño para que pueda operar de forma correcta. En las gráficas de desempeño de aviones se puede hacer el cálculo del peso máximo de despegue del avión con respecto a la longitud básica necesaria.

d. Anchura de las pistas. Según la OACI en su Anexo 14 “Aeródromos” del 2004, la anchura de todas las pistas debe ser mayor a la dimensión apropiada especificada en la siguiente tabla, que se basa en la clave de referencia de aeródromos:

Tabla 7. Anchura de pistas.

No. de clave	Letra de clave					
	A	B	C	D	E	F
1 ^a	18 m	18 m	23 m	-	-	-
2 ^a	23 m	23 m	30 m	-	-	-
3	30 m	30 m	30 m	45 m	-	-
4	-	-	45 m	45 m	45 m	60 m
a. La anchura de toda pista de aproximación de precisión debería ser mayor de 30 m, cuando el número de clave sea 1 o 2.						

Fuente: Organización de Aeronáutica Civil Internacional, 2005.

e. Pendientes longitudinales de las pistas. La pendiente de la pista no deberá exceder de las pendientes que se especifican en la siguiente tabla:

Tabla 8. Pendientes longitudinales de pistas.

No. De clave	Pendiente longitudinal de la pista	Pendiente en el primer y último cuarto de la pista
1	2%	-
2		
3	1.50%	0.80%
4	1.25%	0.80%

Fuente: Organización de Aeronáutica Civil Internacional, 2005.
Elaboración propia.

f. Pendientes transversales de las pistas. Para facilitar la evacuación del agua, la superficie de la pista debería ser convexa, excepto en casos en que se necesite una pendiente transversal única que descienda en la dirección del viento para que acompañe a la lluvia con mayor frecuencia para asegurar el rápido drenaje de la misma. La pendiente transversal ideal debería ser de:

Tabla 9. Pendientes transversales de pista.

Letra de clave	Pendiente transversal de pista
A	2%
B	
C	1.50%
D	
E	
F	

Fuente: Organización de Aeronáutica Civil Internacional, 2005.
Elaboración propia.

Sin embargo, no debe exceder del 1.5% o del 2% según corresponda, ni ser inferior al 1% salvo en las intersecciones de pistas o de calles de rodaje en que se requieran pendientes más aplanadas.

La pendiente transversal debería ser básicamente la misma a lo largo de toda la pista, salvo en una intersección con otra pista o calle de rodaje, donde debería proporcionarse una transición suave teniendo en cuenta la necesidad de un drenaje adecuado.

g. Emplazamiento del umbral. El umbral debe ubicarse en el extremo de la pista, a menos que por situaciones operacionales se justifique la elección de otro emplazamiento.

Es probable que el umbral de la pista deba desplazarse debido a que la pista esté fuera de servicio, por lo que se deberá proveer un área despejada nivelada de una longitud de 60 m por lo menos entre el área inutilizable y el umbral desplazado.

h. Márgenes de la pista. Banda de terreno construida para la transición entre el pavimento y el terreno adyacente. Debe construirse de manera que pueda soportar el peso de un avión que se salga de la pista sin que sufra daños. También se construyen para que impidan la ingestión de piedras o de otros objetos por los motores de las turbinas. Se debe dejar un buen contraste visual en la superficie de la pista, empleando una señal de franja lateral de la pista.

Los márgenes deben extenderse simétricamente a ambos lados de la pista de tal manera que la anchura total de la pista y sus márgenes no sea inferior a:

Tabla 10. Márgenes de pista.

Letra de clave	Ancho total de pista
D	60 m
E	
F	75 m

Fuente: Organización de Aeronáutica Civil Internacional, 2005.

En cuanto a la pendiente, la pendiente longitudinal será la misma que la pista y la transversal no debería exceder del 2.5%.

i. Franjas de pista. Es una superficie que comprende la pista y la zona de parada, está destinada a reducir el riesgo de daños tanto a las aeronaves que se salgan de la pista, como a las personas que operan durante el despegue y aterrizaje. Las franjas deben extenderse antes del umbral hasta más allá del extremo de la pista o de la zona de parada hasta una distancia de por lo menos:

Tabla 11. Franjas de pista, dimensión longitudinal.

No. De clave	Tipo de pista	Longitud de franjas de pista
1	Vuelo visual	30 m
	Vuelo por instrumentos	60 m
2	Vuelo por instrumentos	60 m
3	Vuelo por instrumentos	60 m
4	Vuelo por instrumentos	60 m

Fuente: Organización de Aeronáutica Civil Internacional, 2005.

Las franjas de pista para aproximaciones tanto de precisión como de no precisión, deberán extenderse lateralmente hasta una distancia de por lo menos:

Tabla 12. Franjas de pista, dimensión transversal.

No. De clave	Ancho de franjas de pista
1	75 m
2	
3	150 m
4	

Fuente: Organización de Aeronáutica Civil Internacional, 2005.

Las pendientes longitudinales a lo largo de la porción de una franja que ha de nivelarse, no debe exceder del:

Tabla 13. Franjas de pista, pendientes longitudinales.

No. De clave	Pendientes longitudinales
1	2.00%
2	
3	1.75%
4	1.50%

Fuente: Organización de Aeronáutica Civil Internacional, 2005.
Elaboración propia.

Las pendientes transversales en la parte de una franja que haya de nivelarse deben ser adecuadas para impedir la acumulación de agua en la superficie, pero no deben exceder del:

Tabla 14. Franjas de pista, pendientes transversales.

No. De clave	Pendientes transversales
1	3.00%
2	
3	2.50%
4	

Fuente: Organización de Aeronáutica Civil Internacional, 2005.
Elaboración propia.

3. Calles de rodaje. Deben disponerse las suficientes calles de rodaje de entrada y salida para que el movimiento de las aeronaves hacia la pista sean rápidos.

La distancia libre entre la rueda exterior del tren principal del avión y el borde de la calle de rodaje no debe ser menor a la indicada a continuación:

Tabla 15. Distancia libre entre rueda del avión y borde de la calle.

Letra de clave	Distancia libre	
A	1.5 m	-
B	2.25 m	-
C	3 m	prevista para aviones con base de ruedas inferior a 18 m
	4.5 m	prevista para aviones con base de ruedas igual o superior a 18 m
D	4.5 m	-
E	4.5 m	-
F	4.5 m	-

Fuente: Organización de Aeronáutica Civil Internacional, 2005.

a. Anchura de las calles de rodaje. A continuación se detalla la anchura mínima de las calles de rodaje en las partes rectilíneas.

Tabla 16. Anchura de calles de rodaje.

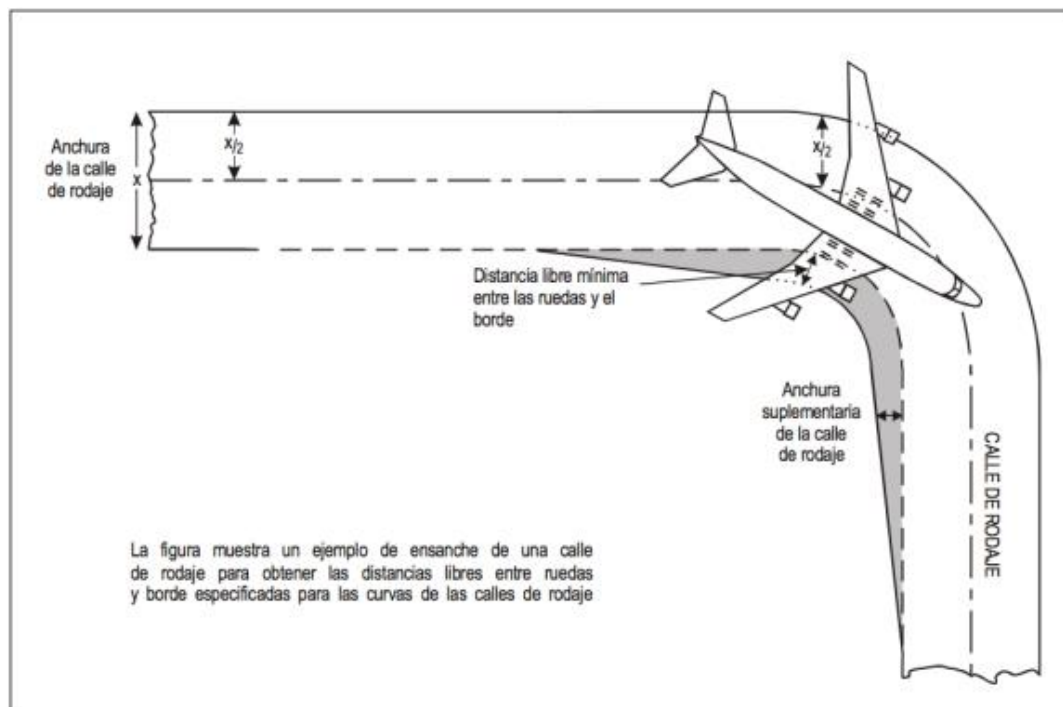
Letra de clave	Anchura de la calle de rodaje	
A	7.5 m	-
B	10.5 m	-
C	15 m	prevista para aviones con base de ruedas
	18 m	prevista para aviones con base de ruedas
D	18 m	prevista para aviones con distancia entre
	23 m	prevista para aviones con distancia entre
E	23 m	-
F	25 m	-

Fuente: Organización de Aeronáutica Civil Internacional, 2005.

b. Curvas de las calles de rodaje. Se debe hacer la menor cantidad de cambios de dirección de las calles de rodaje posibles. Los radios de las curvas deben ser compatibles con la capacidad de maniobra y velocidades de rodaje normales de los aviones para los que dicha calle de rodaje está diseñada.

El diseño de las curvas deberá ser tal que mientras el puesto de pilotaje del avión permanezca sobre las señales de eje de calle de rodaje, la distancia libre entre las ruedas principales exteriores y el borde de la calle de rodaje no sea inferior a las especificadas anteriormente.

Figura 65. Curva de calle de rodaje.



Fuente: Organización de Aeronáutica Civil Internacional, 2005.

c. Distancias mínimas de separación de las calles de rodaje

Tabla 17. Distancias mínimas de separación de las calles de rodaje.

Letra clave	Distancia entre el eje de una calle de rodaje y el eje de una pista (distancia en metros)								Distancia entre ejes de dos calles de rodaje	Distancia entre el eje de una calle de rodaje y un objeto	Distancia entre el eje de la calle de acceso a un estacionamiento de aeronaves y un objeto
	Pista de vuelo por instrumentos				Pistas de vuelo visual						
	Número de clave				Número de clave						
	1	2	3	4	1	2	3	4			
A	82.5	82.5	-	-	37.5	47.5	-	-	23.75	16.25	12
B	87	87	-	-	42	52	-	-	33.5	21.5	16.5
C	-	-	168	-	-	-	93	-	44	26	24.5
D	-	-	176	176	-	-	101	101	66.5	40.5	36
E	-	-	-	182.5	-	-	-	107.5	80	47.5	42.5
F	-	-	-	190	-	-	-	115	97.5	57.5	50.5

Fuente: Organización de Aeronáutica Civil Internacional, 2005.

d. Pendientes de las calles de rodaje. Esta no debería exceder de:

Tabla 18. Pendientes longitudinales de calles de rodaje.

Letra de clave	Pendientes longitudinales
A	3.00%
B	
C	1.50%
D	
E	
F	

Fuente: Organización de Aeronáutica Civil Internacional, 2005.

Elaboración propia.

La pendiente transversal de una calle de rodaje debería ser suficiente para impedir acumulación de agua en la superficie, sin exceder de:

Tabla 19. Pendientes transversales de calles de rodaje.

Letra de clave	Pendientes transversales
A	2.00%
B	
C	1.50%
D	
E	
F	

Fuente: Organización de Aeronáutica Civil Internacional, 2005.

Elaboración propia.

e. Márgenes de las calles de rodaje. Para pistas con letra de clave C, D, E o F deben tener márgenes a lo largo de sus tramos rectilíneos que se extiendan simétricamente a ambos lados de la calle de rodaje. La anchura total de la calle de rodaje y sus márgenes en las partes rectilíneas no debería ser menor que:

Tabla 20. Márgenes de calles de rodaje.

Letra de clave	Ancho total de calle de rodaje
C	25 m
D	38 m
E	44 m
F	60 m

Fuente: Organización de Aeronáutica Civil Internacional, 2005.
Elaboración propia.

f. Calles de salida rápida. Las calles de salida rápida deberían calcularse con un radio de curva de viraje de por lo menos:

Tabla 21. Radio de curva de viraje de calles de salida rápida.

No. De clave	Radio de curva de viraje
1	275 m
2	
3	550 m
4	

Fuente: Organización de Aeronáutica Civil Internacional, 2005.
Elaboración propia.

Para que sean posibles velocidades de salida, con pistas mojadas, de:

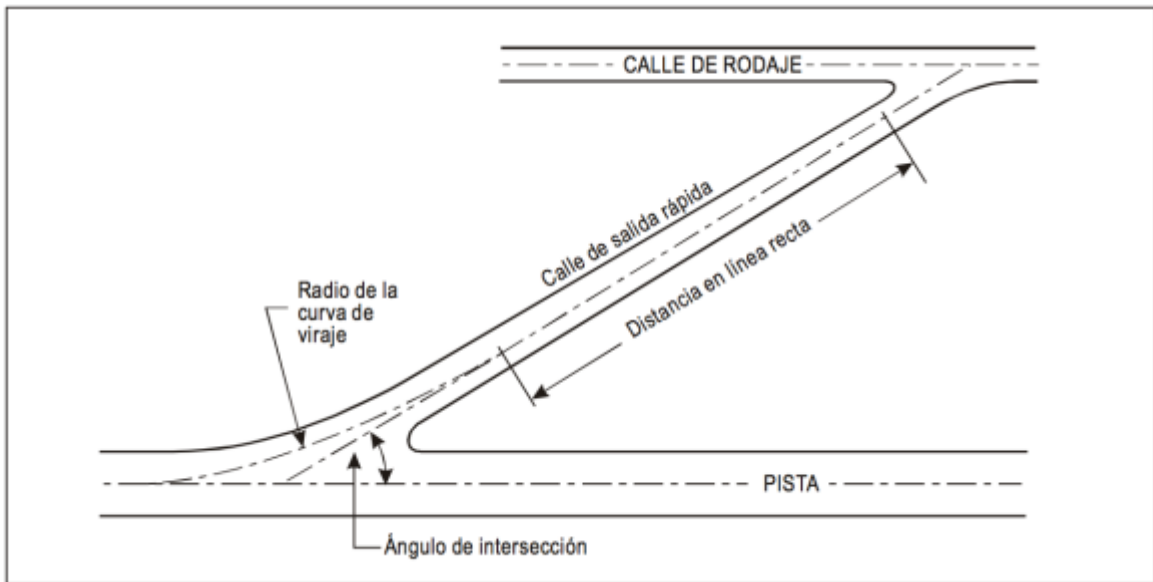
Tabla 22. Velocidades de salida rápida.

No. De clave	Velocidad de salida
1	65 km/h
2	
3	93 km/h
4	

Fuente: Organización de Aeronáutica Civil Internacional, 2005.
Elaboración propia.

Una calle de salida rápida debería incluir una recta después de la curva de viraje, para que una aeronave que esté saliendo pueda detenerse completamente con un margen libre de toda intersección de calle de rodaje. El ángulo de intersección de una calle de salida rápida con la pista debería estar entre 45° y 25°, siendo el ideal 30°.

Figura 66. Calle de salida rápida.



Fuente: Organización de Aeronáutica Civil Internacional, 2005.

4. Terminal de pasajeros

a. Puertas. La Administración Federal de Aviación, en su informe Guía para la planificación y diseño de terminales define cuatro tipos de puertas dependiendo de las dimensiones de los aviones que alojará:

Tabla 23. Tipos de puertas.

Tipo de puerta	Envergadura	Fuselaje
A	24 m - 36 m	-
B	36 m - 52 m	< 49 m
C	-	> 49 m
D	52 m - 65 m	-

Fuente: Administración Federal de Aviación, 1994.

1) Estimación de cantidad de puertas para aeronaves. Existen varios métodos para estimar el número de puertas para aeronaves que se necesitarán en una terminal aérea. Todas estas estimaciones se basan en datos históricos de la demanda de vuelos de la región y en la cantidad de puertas que cada aerolínea necesita dependiendo de la forma en que pretenda estacionar sus aeronaves.

2) Separación de puertas para aeronaves. El tamaño y la separación de puertas requerida para el diseño de aeropuertos puede variar considerablemente dependiendo de las políticas y procedimientos de las

aerolíneas. Sin embargo, para planificación general, la Administración Federal de Aviación proporciona las siguientes guías:

Tabla 24. Separación de puertas para aeronaves.

Separación	Puerta			
	A	B	C	D
Entre la punta de la aeronave y el edificio	9 m	6 m	6 m	4.5 m
Entre la punta y la cola de aeronaves	37 m	37 m	113 m	149 m
Separación entre puntas de alas	20 m	20 m	20 m	20 m

Fuente: Administración Federal de Aviación, 1994.

b. Edificio terminal. Según la OACI, en su informe Planes Maestros, Conceptos de Planificación Aeroportuaria (Lado Aire y Tierra), menciona las siguientes dimensiones para las terminales dependiendo del tipo de aeropuerto que se esté analizando.

Tabla 25. Superficie terminal.

Superficie de terminal por puerta	
Internacional	5,000 m ²
Doméstico	2,500 m ²

Fuente: Organización de Aviación Civil Internacional, 2013.

Al hacer un análisis más detallado de las dimensiones de la terminal se debe tomar en cuenta que dentro de la misma se debe contar con servicios para pasajeros como: venta de tickets a pasajeros; espera de pasajeros y visitantes; áreas de servicios de pasajero; y reclamo de equipaje.

c. Plataformas

1) Características físicas. Las pendientes de una plataforma deberían ser suficiente para impedir la acumulación de agua en la superficie, manteniendo sus valores lo más bajo que se pueda según requisitos de drenajes. En un puesto de estacionamiento de aeronaves, la pendiente máxima no debería exceder del 1 %.

Los márgenes de separación entre los puestos de estacionamiento de aeronaves y cualquier edificio no debería ser menor que:

Tabla 26. Márgenes de separación en los puestos de estacionamiento de aeronaves.

Letra de clave	Margen
A	3 m
B	3 m
C	4.5 m
D	7.5 m
E	7.5 m
F	7.5 m

Fuente: Organización de Aeronáutica Civil Internacional, 2005.

2) Configuración de plataformas. Según la Administración Federal de Aviación, en su informe Guía para la Planificación y Diseño de Terminales, se debe tomar en cuenta la siguiente aproximación para elegir la configuración de plataforma a utilizar dependiendo de la cantidad de pasajeros anuales que se proyecta a tener en un aeropuerto.

Tabla 27. Matriz de configuración de plataforma respecto al tamaño del aeropuerto.

Tamaño del aeropuerto según embarque de pasajeros anuales	Lineal	Finger	Satelite	Transportador
Menos de 25,000	✓			
25,000 - 75,000	✓			
75,000 - 200,000	✓			
200,000 - 500,000	✓	✓		
500,000 - 1,000,000	✓	✓	✓	
1,000,000 - 3,000,000		✓	✓	✓
más de 3,000,000		✓	✓	✓

Fuente: Administración Federal de Aviación, 1988.

5. Superficies limitadoras de obstáculos. El objeto de establecer superficies limitadoras de obstáculos, es definir el espacio aéreo en los alrededores de los aeródromos el cual debe mantenerse libre de obstáculos. Esto con la finalidad de realizar con seguridad las operaciones aéreas y así poder evitar que los aeródromos queden inutilizables por la complicación que generan los obstáculos al interrumpir este espacio. Para tener libre dicho espacio, es necesario restringir ciertas superficies limitadoras de obstáculos y que a la vez definan las alturas hasta donde los objetos podrán establecerse para no infringir en el espacio aéreo.

En Guatemala la institución encargada de regular las superficies limitadoras de obstáculos es la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC). Esta institución ha tenido la responsabilidad de publicar los reglamentos correspondientes al tema de aviación en el país y estos han sido elaborados de acuerdo a los lineamientos de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).

a. Regulación de Aeronáutica Civil de Guatemala

1) Base legal. «De acuerdo a la Enmienda 4 al Anexo 14, Volumen I, de la OACI, se estableció que a partir del 27 de noviembre de 2003, los Estados deben certificar, mediante un marco normativo apropiado, los aeródromos utilizados para operaciones internacionales, de conformidad con las especificaciones contenidas en el Anexo 14, volumen I y otras especificaciones pertinentes de la OACI» (Dirección General de Aeronáutica Civil, 2014).

En respuesta a lo anterior la Dirección General de Aeronáutica Civil emitió en el 2007 la edición inicial de la Regulación de Aviación Civil (RAC) y aprobó su reedición publicando en el 2014 la RAC-14 volumen I. El respaldo legal de estas regulaciones de Aeronáutica Civil está conformado por los siguientes documentos nacionales: Ley de Aviación Civil, Decreto 93-2000 aprobado por el Congreso de la República de Guatemala; y el Reglamento de la Ley de Aviación Civil, Acuerdo Gubernativo 384-2001 aprobado por la Presidencia de la República. Así también por los documentos internacionales: Convenio de Chicago y el Anexo 14, volumen I, Diseño de Aeródromos (diseño y Operación de Aeródromos) emitidas por la OACI.

b. Requerimientos internacionales para aeropuertos según la OACI

1) Superficies limitadoras de obstáculos. Las superficies que describe el Anexo 14 están previstas para ser de carácter permanente y para que resulten eficaces deberían incluirse en leyes u ordenanzas locales de zonificación o como parte de los planes nacionales de consulta para la planificación (Organización de Aviación Civil Internacional, 1983).

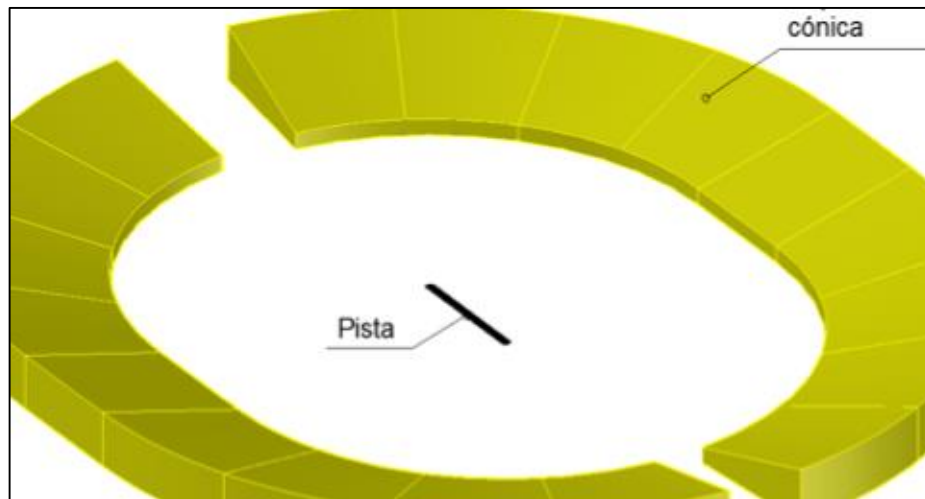
Las siguientes superficies son indispensables para el análisis de la topografía y edificaciones en la región:

a) Superficie cónica. Es una superficie de pendiente ascendente y hacia afuera que se extiende desde el perímetro de la superficie horizontal interna. La finalidad de esta superficie es proteger el espacio aéreo que una aeronave debe tener despejada antes de aterrizar. Los límites estarán comprendidos por un borde inferior que coincide con el perímetro de la superficie horizontal interna y un borde superior situado a una altura determinada según el porcentaje de pendiente correspondiente a la clasificación de la pista. La

pendiente de la superficie se medirá en un plano vertical perpendicular a todo el perímetro de la superficie horizontal interna correspondiente.

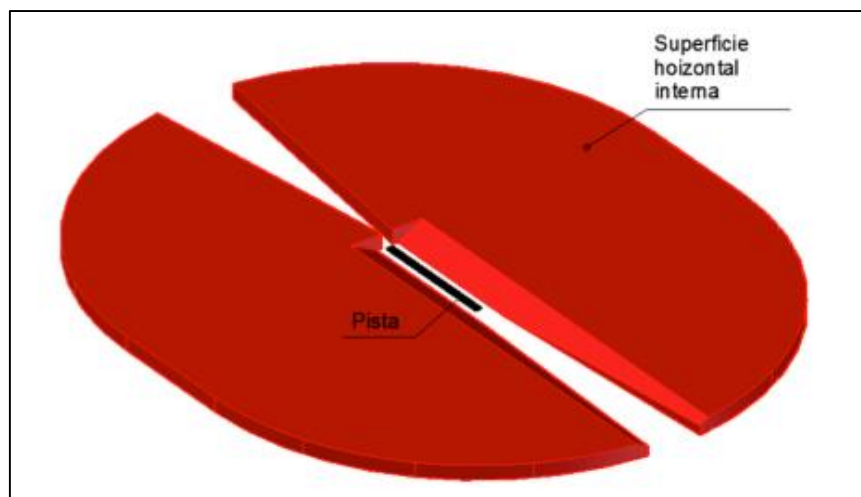
b) Superficie horizontal interna. Superficie situada en un plano horizontal sobre un aeródromo y sus alrededores. Su principal finalidad, al igual que la superficie cónica, es proteger el espacio aéreo dentro del cual la aeronave deba volar antes del aterrizaje. Para las aeronaves más lentas que utilizan pistas cortas la protección del circuito visual puede lograrse por medio de una sola superficie horizontal interna circular, sin embargo para las aeronaves que requieren pistas largas como las de número de clave 4 es necesario recurrir a una configuración de hipódromo y utilizar arcos circulares con centro ubicado en los extremos de la pista, unidos por rectas tangentes (Organización de Aviación Civil Internacional, 1983).

Figura 67. Superficie cónica



Fuente: Elaboración propia

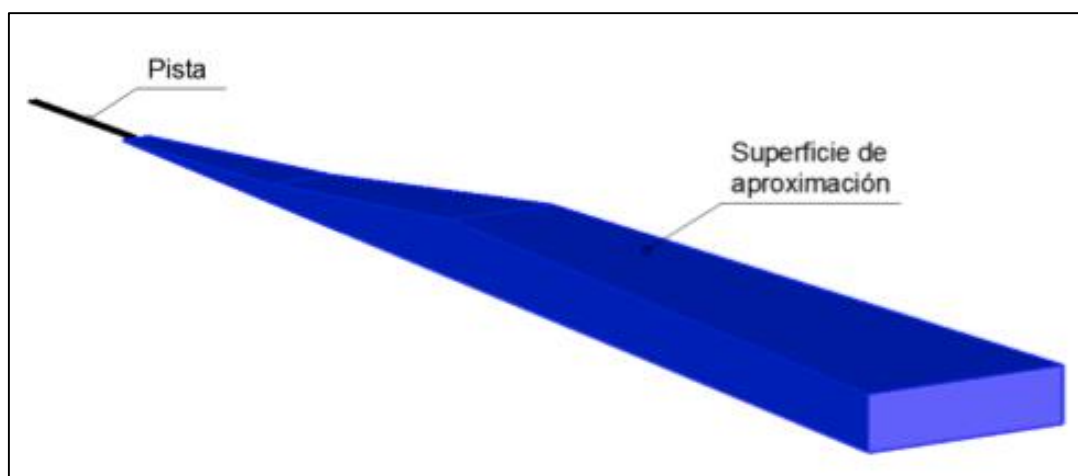
Figura 68. Superficie horizontal interna



Fuente: Elaboración propia

c) Superficie de aproximación. Plano inclinado o combinación de planos anteriores al comienzo de la parte utilizable de la pista para el aterrizaje. La finalidad de esta superficie es proteger el espacio aéreo que debe estar despejado para la fase final de maniobras para la aproximación antes del aterrizaje. Esta superficie estará compuesta por un borde interior de longitud especificada, horizontal y perpendicular a la prolongación del eje de pista y situado a una distancia determinada antes del comienzo de la parte utilizable de la pista para el aterrizaje; dos lados que parten de los extremos del borde interior y divergen uniformemente en un ángulo determinado respecto a la prolongación del eje de pista; y un borde exterior paralelo al borde interior.

Figura 69. Superficie de aproximación

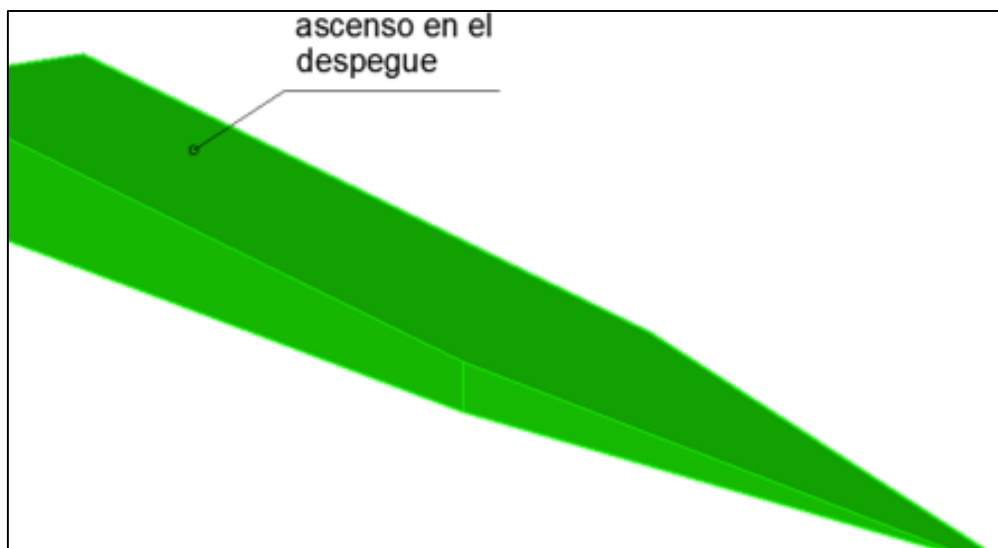


Fuente: Elaboración propia

d) Superficie de ascenso en el despegue. Su finalidad es proporcionar protección para las aeronaves en el despegue. Indican los objetos que deben eliminarse si es posible y señalar o iluminar si la eliminación no es posible. Esta superficie estará limitada por: un plano inclinado; un borde interior, horizontal y perpendicular al eje de pista situado a una distancia especificada más allá del extremo de la pista o al extremo de la zona libre de obstáculos.

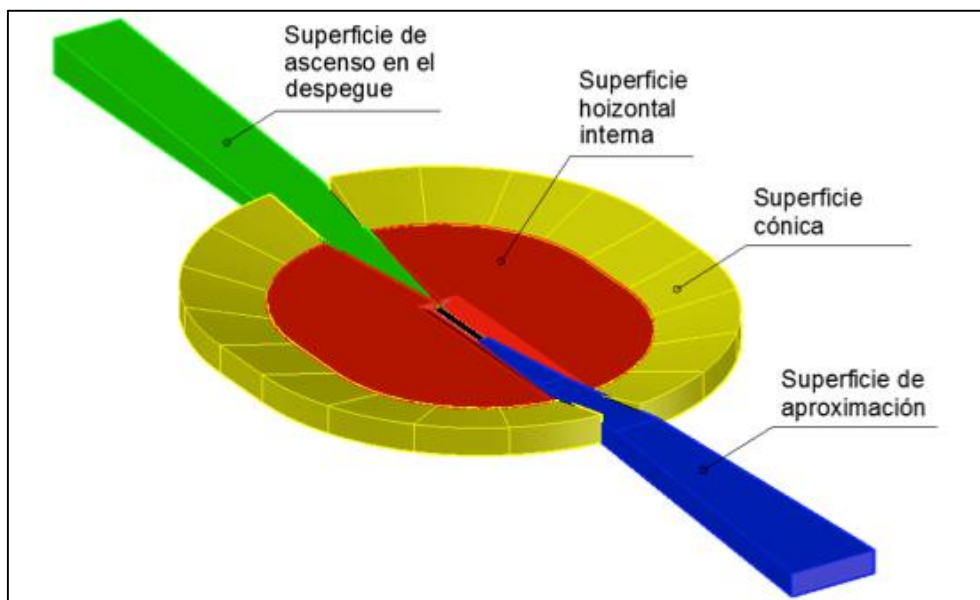
Cuando la hubiese, y su longitud excede a la distancia especificada; dos lados que parten de los extremos del borde interior y que divergen uniformemente con un ángulo determinado respecto a la derrota de despegue, hasta una anchura final especificada, manteniendo después dicha anchura a lo largo del resto de la superficie de ascenso en el despegue; y un borde horizontal y perpendicular a la derrota de despegue especificada. La elevación del borde interior será la misma al punto más alto de la prolongación del eje de pista entre el extremo de ésta y el borde interior, o a la altura del punto más alto sobre el suelo en el eje de la zona libre de obstáculos, cuando exista ésta. Para una trayectoria rectilínea la pendiente de esta superficie se medirá en el plano vertical que contenga el eje de pista.

Figura 70. Superficie de ascenso en el despegue



Fuente: Elaboración propia

Figura 71. Superficie de ascenso en el despegue, horizontal interna, cónica y de aproximación



Fuente: Elaboración propia

También existen superficies que restringen el espacio en la vecindad inmediata a la pista, estas superficies se analizan en estudios específicos de aeropuertos. Así también, se debe analizar el espacio después de la superficie cónica para proporcionar mayor seguridad a las aeronaves. Entre estas superficies se encuentran las siguientes:

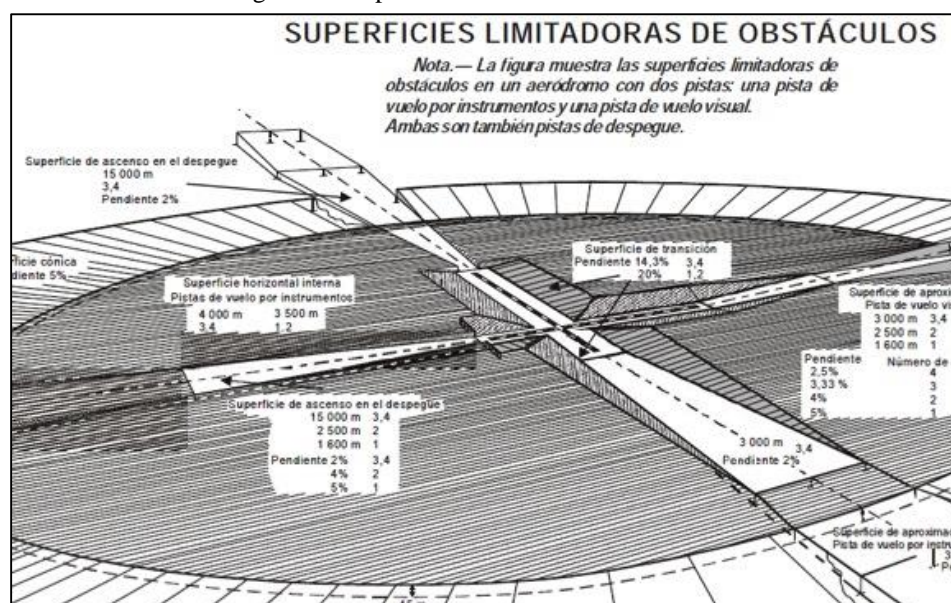
e) Superficie horizontal externa. Para la definición de esta superficie el Anexo 14 de la OACI hace referencia al Manual de Servicios de Aeropuertos (Doc 9137) parte 6. La finalidad de esta superficie es restringir las estructuras que pueden limitar las aproximaciones iniciales de una aeronave por medio de

radar y también proporcionar la facilidad de virar durante el ascenso después del despegue. Entre las especificaciones generales se establece que se debe considerar de posible importancia las estructuras elevadas si su altura es mayor de 30 m por encima del nivel del terreno en la que estén situadas, también si su altura es mayor de 150 m por encima de la elevación del aeropuerto, el radio al que aplica lo anterior es de 15,000 m a partir del centro del aeropuerto cuando el número clave de la pista sea 3 ó 4.

f) Superficie de transición. Superficie que se extiende a lo largo del borde de la franja y parte del borde de la superficie de aproximación, de pendiente ascendente y hacia afuera hasta la superficie horizontal interna. Esta superficie está limitada por un borde inferior que comienza en la intersección del borde de la superficie de aproximación con la superficie horizontal interna y que se extiende siguiendo el borde de la superficie de aproximación hasta el borde interior de la superficie de aproximación y desde allí, por toda la longitud de la franja, paralelamente al eje de pista; y un borde superior situado en el plano de la superficie horizontal interna. La elevación de un punto en el borde inferior estará definida por la elevación del borde de la superficie de aproximación en dicho punto y a la elevación a lo largo de la franja próxima al eje de la pista o de su prolongación.

g) Superficie de aproximación interna, de transición interna y de aterrizaje interrumpido. En conjunto, estas superficies protegen el espacio aéreo en la vecindad inmediata de las pistas para aproximaciones de precisión, espacio conocido como zona despejada de obstáculos (OFZ). Esta zona deberá mantenerse libre de objetos fijos, aparte de los objetos que sirven de ayuda para la navegación aérea que estarán montadas en soportes ligeros y frangibles, y de objetos transitorios tales como aeronaves y vehículos cuando la pista se utilice para aproximaciones ILS de categorías II ó III.

Figura 72. Superficies limitadoras de obstáculos



Fuente: Organización de Aviación Civil Internacional, 2004

Tabla 28. Dimensiones y pendientes de las superficies limitadoras de obstáculos, (Pistas de aterrizaje)

Superficies y dimensiones ^a	Clasificación de las pistas y número de clave									
	Aproximación visual				Aproximación que no sea de precisión			Aproximación de precisión		
								Categoría I	Categoría II o III	
	1	2	3	4	1, 2	3	4	1, 2	3, 4	3, 4
CÓNICA										
Pendiente	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Altura	35 m	55 m	75 m	100 m	60 m	75 m	100 m	60 m	100 m	100 m
HORIZONTAL INTERNA										
Altura	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m
Radio	2000 m	2500 m	4000 m	4000 m	3500 m	4000 m	4000 m	3500 m	4000 m	4000 m
APROXIMACIÓN INTERNA										
Anchura	--	--	--	--	--	--	--	90 m	120m ^e	120 m ^e
Distancia desde el umbral	--	--	--	--	--	--	--	60 m	60 m	60 m
Longitud	--	--	--	--	--	--	--	900 m	900 m	900 m
Pendiente	--	--	--	--	--	--	--	2.5%	2%	2%
APROXIMACIÓN										
Longitud del borde interior	60 m	80 m	150 m	150 m	150 m	300 m	300 m	150 m	300 m	300 m
Distancia desde el Umbral	30 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m
Divergencia (a cada lado)	10%	10%	10%	10%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Primera sección										
Longitud	1600 m	2500 m	3000 m	3000 m	2500 m	3000 m	3000 m	3000 m	3000 m	3000 m
Pendiente	5%	4%	3.33%	2.5%	3.33%	2%	2%	2%	2%	2%
Segunda Sección										
Longitud	--	--	--	--	--	3600m ^b	3600m ^b	3600m ^b	3600m ^b	3600m ^b
Pendiente	--	--	--	--	--	2.5%	2.5%	3%	2.5%	2.5%
Sección horizontal										
Longitud	--	--	--	--	--	8400m ^b	8400m ^b	--	8400m ^b	8400m ^b
Longitud total	--	--	--	--	--	15000 m	15000 m	15000 m	15000 m	15000 m
DE TRANSICIÓN										
Pendiente	20%	20%	14.3%	14.3%	20%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%
DE TRANSICIÓN INTERNA										
Pendiente	--	--	--	--	--	--	--	40%	33.3%	33.3%
SUPERFICIE DE ATERRIZAJE INTERRUMPIDO										
Longitud del borde interior	--	--	--	--	--	--	--	90 m	120 m ^e	120 m ^e
Distancia desde el umbral	--	--	--	--	--	--	--	c	1800m ^d	1800m ^d
Divergencia (a cada lado)	--	--	--	--	--	--	--	10%	10%	10%
Pendiente	--	--	--	--	--	--	--	4%	3.33%	3.33%

a. Salvo que se indique de otro modo, todas las dimensiones se miden horizontalmente.
b. Longitud variable.
c. Distancia hasta el extremo de la franja
d. O distancia hasta el extremo de la pista, si esta distancia es menor
e. Cuando la letra de clave sea F, la anchura se aumenta a 155 m.

Fuente: Organización de Aviación Civil Internacional, 2004

Tabla 29. Dimensiones y pendientes de las superficies limitadoras de obstáculos, Pistas destinadas al despegue

Superficie y dimensiones	Número de Clave		
	1	2	3 ó 4
DE ASCENSO EN EL DESPEGUE			
Longitud del borde interior	60 m	80 m	180 m
Distancia desde el extremo de la pista ^b	30 m	60 m	60 m
Divergencia (a cada lado)	10 %	10%	12.5%
Anchura final	380 m	580 m	1200 m 1800 m ^c
Longitud	1600 m	2500 m	15000 m
Pendiente	5%	4%	2%
a. Salvo que se indique de otro modo, todas las dimensiones se miden horizontalmente b. Superficie de ascenso en el despegue comienza en el extremo de la zona libre de obstáculos si la longitud de ésta excede de la distancia especificada. c. 1800 m cuando la derrota prevista incluya cambios de rumbo mayores de 15° en las operaciones realizadas en IMC, o en VMC durante la noche.			

Fuente: Organización de Aviación Civil Internacional, 2004

V. METODOLOGÍA

La elaboración de este trabajo consta de diversas etapas, iniciando por la recopilación de información sobre las áreas y elementos que contienen los aeropuertos que serán de utilidad para la creación de indicadores, lo cual es la finalidad del trabajo. Seguido de esto se trabajó un presupuesto de la construcción, lo cual se hizo por medio de investigación bibliográfica en libros especializados sobre el tema, tesis, trabajos de graduación y páginas de internet de organizaciones que se especializan en el tema de aeropuertos en el mundo. En esta etapa se realizaron reuniones quincenales con el equipo de trabajo para compartir la información encontrada y los avances de cada integrante.

Al finalizar el marco teórico, se llevaron a cabo entrevistas a diferentes profesionales los cuales fueron de vital importancia para la realización del presupuesto. Además los indicadores se evaluaron con respecto a información bibliográfica y entrevistas dependiendo de la información necesaria para cada uno. Se hizo un análisis financiero en el cual se tomó en cuenta la información obtenida con estas personas para calcular los ingresos y gastos de un aeropuerto.

Finalmente se definieron los indicadores que pueden afectar cada uno de los subtemas en la construcción del aeropuerto y se evaluaron los primeros indicadores para los diferentes municipios propuestos. Además se hicieron vistas de campo a los diferentes lugares seleccionados y se reunió más información para la evaluación de todos los indicadores.

VI. RESULTADOS

A. Aviación en Guatemala.

1. Deficiencias de la pista del Aeropuerto Internacional La Aurora. Según el informe de la Dirección General de Aeronáutica Civil, Reglamento de la Ley de Aviación Civil 14, Diseño de Aeródromos (Dirección General de Aeronáutica Civil de Guatemala, 2014), el aeropuerto La Aurora tiene diversas deficiencias con respecto a los requerimientos que la Organización de Aviación Civil Internacional proporciona en el Anexo 14 Aeródromos (Organización de Aviación Civil Internacional, 2004).

A continuación se encuentra un resumen de las deficiencias de la pista del Aeropuerto Internacional La Aurora, mencionadas por la DGAC, que se relacionan con los parámetros de diseño analizados en este estudio. El Aeropuerto Internacional La Aurora debería contar con las características de una pista con clave de referencia 4D, pero debido a las deficiencias cuenta con clave de referencia 4C. (SIECA: Hernández Platero, Hernández, & Cruz Torres, 2001).

Las pendientes de la pista no cumplen con lo establecido por la OACI ya que sobrepasan el límite que es 1.80%. La resistencia y superficie de la pista no cumple debido a que presenta, en las zonas próximas al eje de pista áreas agrietadas con fisuras longitudinales de baja y media severidad.

La franjas de pista no tienen la superficie requerida para el tipo de pista que es y en cuanto a su anchura, está invadida por árboles, edificios, aeronaves civiles y militares estacionadas o en circulación. Además, se observan desniveles, áreas con residuos, zanjas para desagües pluviales y elementos de concreto fuera de servicio que podrían aumentar los daños de una aeronave que se salga de la pista, en lugar de prevenirlos que es la principal función de las franjas de pista.

En cuanto a las calles de rodaje, estas no cumplen con las especificaciones técnicas y parámetros de diseño de calles de rodaje que la OACI menciona en el Manual de Diseño de Aeródromos (Doc 9157) Parte 2, "Calles de Rodajes, Plataformas y Apartaderos de espera". Una de las deficiencias más importantes es que existen varias conexiones entre las diversas calles de rodaje paralelas a la pista, plataformas de estacionamiento de aeronaves y la pista principal que no cumplen con los radios adecuados para la aeronave crítica.

Otro factor importante es que la separación mínima entre el eje de la pista y la calle de rodaje es de 70 metros, característica que no cumple con lo establecido por la OACI. Además, muchas de estas calles de rodaje carecen de designación, y las que si lo tienen, no tienen un nombre de referencia lógico.

A continuación se puede observar una tabla, en la cual se evidencia la diferencia entre las características actuales de la pista de aterrizaje del Aeropuerto Internacional La Aurora y las dimensiones que se encuentran normadas por la OACI.

Tabla 30. Deficiencias de la pista Aeropuerto Internacional La Aurora.

Características	Dimensión real	Dimensión según requerimientos OACI	Observaciones
Aeronave de diseño y clave de referencia	Boeing 757 4D		
Longitud de pista	2,987 m	3,542 m	3,452 m – despegue a tanque lleno. 2,987 m – despegue con 10,000 Lb menos del tanque lleno.
Ancho de pista	60 m	60 m	Incluyen margen de pista aunque actualmente este no está en buen estado.
Pendiente longitudinal de la pista	1.8%	1.25%	
Pendiente en 1er y último cuarto de pista	1.58%	0.80%	
Ancho de calle de rodaje	23 m	23 m	No cuenta con márgenes para aviones grandes.
Franja de pista	0 m	150 m	El obstáculo más cercano a la pista es la propia calle de rodaje.
Separación entre eje de pista y calle de rodaje	70 m	176 m	Cuando un avión de gran envergadura está aterrizando en la pista activa, no puede haber otro avión del mismo tamaño en la calle de rodaje.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31. Correcciones de longitud de pista óptima para Aeropuerto Internacional La Aurora.

Correcciones de longitud de pista básica		
Elevación del aeródromo (H)		1,509 m
Temperatura de aeródromo (TR)		19 °C
Temperatura según atmosfera tipo (TA)		5.19 °C
Pendiente de la pista (P)		0.84%
Longitud básica de pista (LD)		2,300 m
Longitud de aterrizaje (LA)		2,250 m
Corrección de longitud de pista de despegue por elevación (LDE)	$LD*(1+7%*H/300)$	3,110 m
Corrección por temperatura (LCT)	$LDE*(1+1%*(TR-TA))$	3,539 m
Corrección por pendiente longitudinal (LCP)	$LCT*(1+1%*P)$	3,542 m
Corrección de longitud de pista de aterrizaje por elevación (LAE)	$LA*(1+7%*H/300)$	3,042 m
Longitud efectiva de la pista		3,542 m

Fuente: Elaboración propia.

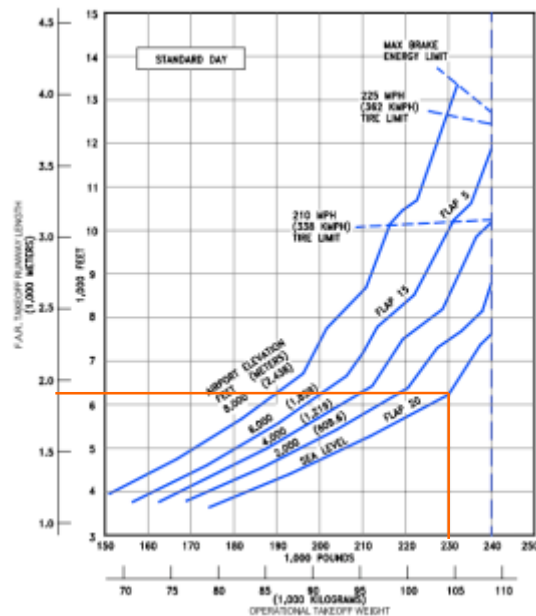
Debido a que la longitud de pista del Aeropuerto Internacional La Aurora es mucho menor a la longitud óptima, se debe hacer el cálculo del peso máximo de despegue que puede llevar la aeronave crítica de diseño, en este caso el Boeing 757. El peso máximo de la aeronave crítica de diseño en el caso del Aeropuerto Internacional La Aurora debe ser de 230,000Lb y no 240,000Lb que es su peso máximo de despegue original. A continuación se muestra la tabla de correcciones.

Tabla 32. Correcciones de longitud de pista para el Aeropuerto Internacional La Aurora con reducción de peso máximo de despegue.

Correcciones de longitud de pista básica		
Elevación del aeródromo (H)		1,509 m
Temperatura de aeródromo (TR)		19 °C
Temperatura según atmosfera tipo (TA)		5 °C
Pendiente de la pista (P)		0.84%
Longitud básica de pista (LD)		1,939 m
Longitud de aterrizaje (LA)		2,250 m
Corrección de longitud de pista de despegue por elevación (LDE)	$LD*(1+7\%*H/300)$	2,622 m
Corrección por temperatura (LCT)	$LDE*(1+1\%*(TR-TA))$	2,984 m
Corrección por pendiente longitudinal (LCP)	$LCT*(1+1\%*P)$	2,987 m
Corrección de longitud de pista de aterrizaje por elevación (LAE)	$LA*(1+7\%*H/300)$	0 m
Longitud efectiva de la pista		2,987 m

Fuente: Elaboración propia

Figura 73. Gráfica de desempeño del Boeing 757.



Fuente: Boeing, 2012

2. Mercados de turismo que entran y salen por vía aérea a Guatemala. Las tablas siguientes, principalmente la *Tabla 33*, reflejan el flujo aéreo de personas no residentes que visitan o ingresan al país por medio de la vía aérea. Se puede decir que en promedio, alrededor de medio millón de personas ingresan al país gracias al transporte aéreo. Como se puede observar, la tendencia o flujo aéreo en los años 2011 a 2013 ha ido en incremento. A lo largo de los tres años, hubo un incremento de personas que ingresan por aire al país. A pesar de que las diferencias no son muy altas, si existe un incremento en el flujo aéreo del país anualmente.

Según lo que muestra la *Tabla 33*, existen en Guatemala mercados que se captan a mayor escala que otros. Se puede definir que los mercados prioritarios para Guatemala son principalmente cuatro. En primer lugar está la región de América del Norte, en donde el país que mayor ingreso de turistas por vía aérea provee a Guatemala es los Estados Unidos con un promedio de 260,000 turistas al año. La región como tal provee al país con la entrada promedio de 330,000 turistas al año. Como segundo lugar está la región de América del Centro, en donde se estima que por año ingresan alrededor de 65,000 turistas. En tercer lugar le sigue el mercado de Europa. Éste a pesar de no poder ingresar al país con un vuelo directo Europa-Guatemala, es un mercado de prioridad para la nación con una entrada anual promedio de turistas de alrededor de 57,000 turistas. Como cuarto y último mercado prioritario está el de América del Sur, en donde ingresan por aire en promedio 45,000 turistas.

En términos específicos, el mercado que más capta Guatemala sería principalmente el estadounidense. Este mercado tiene una escala mayor y mucho más significativa al resto de países/regiones captados por Guatemala. México es un mercado muy importante para Guatemala también, pues ingresa mucho mexicano al país utilizando la vía aérea. Los países centroamericanos optan en una escala menor el uso del transporte aéreo para ingresar a Guatemala. Los mercados tales como el asiático, oriente y de Oceanía son mercados que Guatemala no ha logrado captar a gran escala. Sus cifras lo expresan claramente, pues muy poca cantidad de turistas provenientes de estas regiones entran al país por medio de los aeropuertos.

En la Gráfica 1 se identifica claramente que el mercado de América del norte es, por mucho, el mejor captado por el país. Europa y Centro y Sur América son mercados que si están siendo captados, aunque a una escala muy baja en comparación con el norteño. Muchos mercados, a pesar de estar relativamente cerca de Guatemala, presentan una muy baja captación como lo es el Caribe. Este mercado presenta un ingreso mínimo de turistas por medio de la vía aérea. Solamente alrededor de 4,000 caribeños ingresan a Guatemala por vía aéreas.

Tabla 33. Total de turistas ingresados por vía aérea (2011-2013)

REGIÓN/PAÍS	2011	2012	2013	Total
AMÉRICA DEL NORTE	312,343	334,662	344,679	991,684
CANADÁ	17,515	19,244	19,920	56,679
ESTADOS UNIDOS	254,727	267,216	277,347	799,290
MEXICO	40,101	48,202	47,412	135,715

Continuación Tabla 33.

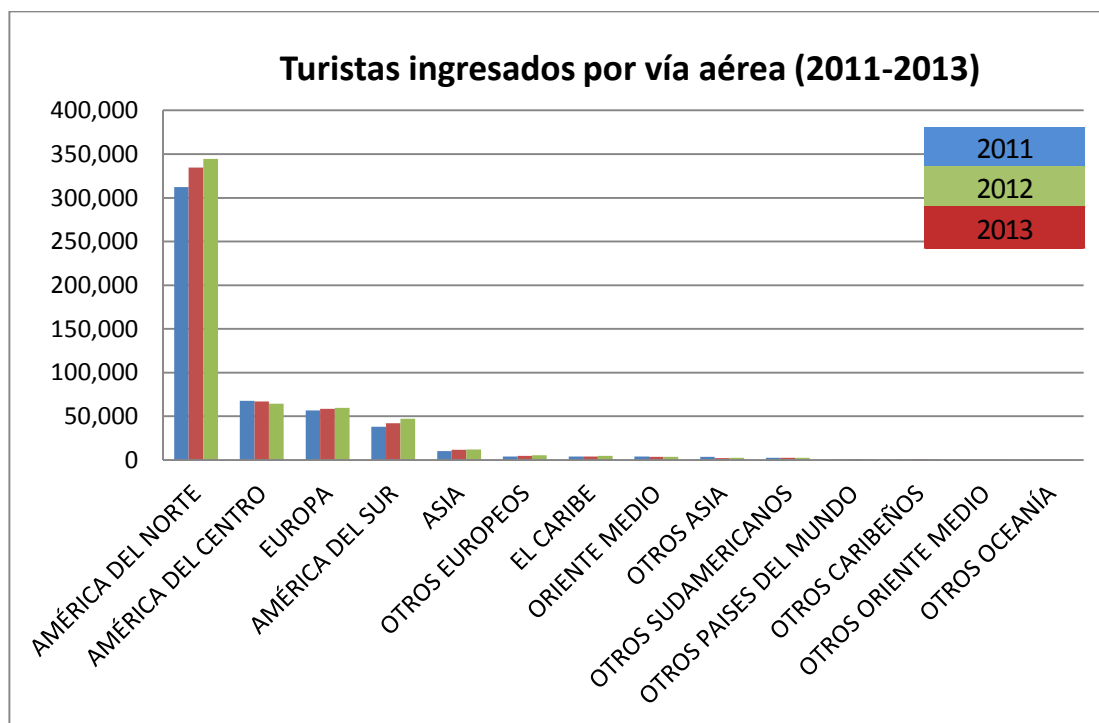
REGIÓN/PAÍS	2011	2012	2013	Total
AMÉRICA DEL CENTRO	67,875	66,918	64,443	199,236
BELICE	1,417	1,141	1,101	3,659
COSTA RICA	26,093	27,003	24,872	77,968
EL SALVADOR	11,690	11,022	10,390	33,102
HONDURAS	11,317	11,009	11,364	33,690
NICARAGUA	8,611	8,301	8,204	25,116
PANAMÁ	8,747	8,442	8,512	25,701
EUROPA	56,848	58,456	59,561	174,865
ALEMANIA	6,747	7,270	7,455	21,472
AUSTRIA	1,120	1,244	1,238	3,602
BELGICA	2,176	2,259	1,919	6,354
DINAMARCA	1,118	1,054	868	3,040
ESPAÑA	14,134	13,777	15,417	43,328
FEDERACIÓN DE RUSIA	868	1,007	1,193	3,068
FRANCIA	10,159	12,103	10,486	32,748
HOLANDA	3,455	3,227	3,284	9,966
ITALIA	6,785	6,395	6,677	19,857
NORUEGA	1,066	996	1,126	3,188
REINO UNIDO	5,615	5,495	6,370	17,480
SUECIA	1,226	1,255	1,191	3,672
SUIZA	2,379	2,374	2,337	7,090
AMÉRICA DEL SUR	37,931	42,282	47,336	127,549
ARGENTINA	6,450	6,285	6,553	19,288
BRASIL	4,796	5,005	5,707	15,508
CHILE	4,092	3,965	4,373	12,430
COLOMBIA	11,763	13,663	16,320	41,746
ECUADOR	1,949	2,673	2,842	7,464
PERÚ	2,938	3,316	3,863	10,117
VENEZUELA	5,943	7,375	7,678	20,996
ASIA	10,348	11,714	12,104	34,166
CHINA	1,089	1,466	1,842	4,397
JAPÓN	2,815	3,294	3,323	9,432
REPÚBLICA DE COREA	5,318	5,700	5,779	16,797
REPÚBLICA POPULAR DEMOCRÁTICA DE COREA	57	25	43	125
TAIWAN	1,069	1,229	1,117	3,415
OTROS EUROPEOS	4,161	4,854	5,648	14,663
EL CARIBE	4,137	4,023	4,650	12,810
CUBA	1,533	1,620	2,041	5,194
REPÚBLICA DOMINICANA	2,604	2,403	2,609	7,616
ORIENTE MEDIO	4,072	3,674	3,794	11,540
ISRAEL	4,072	3,674	3,794	11,540

Continuación Tabla 33.

REGIÓN/PAÍS	2011	2012	2013	Total
OTROS ASIA	3,736	2,236	2,510	8,482
OTROS SUDAMERICANOS	2,505	2,654	2,586	7,745
OCEANÍA	2,214	2,742	2,771	7,727
AUSTRALIA	1,912	2,344	2,353	6,609
ESTADOS FEDERADOS DE MICRONESIA				0
FIJI				0
NUEVA ZELANDA	302	398	418	1,118
SAMOA				0
OTROS PAÍSES DEL MUNDO	899	1,085	1,181	3,165
OTROS CARIBEÑOS	860	993	885	2,738
OTROS ORIENTE MEDIO	229	317	304	850
OTROS OCEANÍA	57	86	83	226
TOTAL GENERAL	508,215	536,696	552,535	1,597,446

Fuente: Basado en el boletín anual de estadísticas de turismo del INGUAT, 2013.

Gráfica 1. Cantidad de turistas que ingresaron a Guatemala por vía aérea dividido por regiones/continentes de residencia.



Fuente: Elaboración propia

La Tabla 34 y la Tabla 35 brindan un panorama de lo que sucede en Guatemala diariamente en cuanto a los vuelos que entran como también los que salen del país. Para ambos casos, el mes de julio es el más alto. En el caso de las llegadas, se identifica una notoria diferencia en cantidad de vuelos. Como se puede observar son diez las aerolíneas que operaban en el país en el 2012, siendo Iberia la única de capital europeo. Todo el resto son aerolíneas americanas.

Las tres aerolíneas más importantes hace dos años eran: Taca (hoy en día AVIANCA), con el mayor flujo aéreo, American Airlines y Continental Airlines. Estas tres compañías aéreas representaban la mayor cantidad del tráfico aéreo para Guatemala en el año 2012.

Tabla 34. Cantidad de turistas ingresados por línea aérea (2012)

AEROLÍNEA	Aeroméxico	Aerorepública	American	Continental	Copa	Delta	Iberia	Interjet	Spirit	Taca	TOTALES
MES											
Ene	4,140	2,508	14,576	10,955	10,139	8,910	2,990	2,710	2,327	29,599	88,854
Feb	3,786	1,521	13,785	8,075	10,159	7,384	2,250	2,544	2,107	24,628	76,239
Mar	4,314	714	15,801	11,840	13,230	9,483	2,888	2,676	1,984	27,308	90,238
Abr	4,641	904	13,750	9,769	13,635	7,099	2,349	2,065	2,181	25,352	81,745
May	4,522	710	13,712	7,520	11,549	8,070	1,894	1,770	2,326	25,716	77,789
Jun	4,639	703	17,402	13,288	12,235	12,347	2,137	1,894	2,140	26,364	93,149
Jul	5,206	989	18,711	13,899	11,532	14,052	2,855	2,935	2,436	30,046	102,661
Ago	5,283	822	13,785	9,380	11,481	8,256	2,248	3,365	1,767	26,136	82,523
Sep	4,227	728	10,031	6,532	11,663	6,979	2,281	3,011	2,199	25,638	73,289
Oct	5,253	1,035	11,769	7,907	10,780	8,542	2,989	2,912	2,415	26,747	80,349
Nov	5,056	1,251	15,515	11,208	12,238	10,175	3,425	3,870	2,180	29,809	94,727
Dic	7,395	1,395	19,068	14,172	14,367	11,001	3,051	4,294	2,489	34,758	111,990
TOTAL	58,462	13,280	177,905	124,545	143,008	112,298	31,357	34,046	26,551	332,101	1,053,553

Fuente: Elaboración basada en estadísticas de la Dirección General de Aeronáutica Civil 2012

Tabla 35. Cantidad de turistas egresados por línea aérea (2012)

Aerolínea	Aeroméxico	Aerorepública	American	Continental	Copa	Delta	Iberia	Interjet	Spirit	Taca	TOTALES
MES											
Ene	4,570	1,704	14,821	12,667	9,434	10,067	1,854	3,006	2,191	27,360	87,674
Feb	3,895	1,573	14,229	8,403	10,188	9,193	1,831	2,419	2,145	24,694	78,570
Mar	4,600	784	16,256	11,764	13,114	9,415	2,646	2,767	2,009	28,341	91,696
Ab	5,055	536	14,949	11,790	10,355	9,865	2,234	2,110	2,300	26,377	85,571
May	4,701	388	13,437	7,615	12,233	8,905	2,152	1,783	2,382	26,409	80,005
Jun	4,803	1,025	15,740	11,166	12,522	10,157	2,122	1,977	1,977	26,783	88,272
Jul	4,687	767	17,225	13,101	9,523	13,525	1,826	2,754	2,144	27,844	93,396
Ago	4,281	876	16,875	12,975	9,916	10,750	2,071	3,647	2,312	28,243	91,946

Continuación Tabla 35.

Aerolínea	Aeroméxico	Aerorepública	American	Continental	Copa	Delta	Iberia	Interjet	Spirit	Taca	TOTALES
MES											
Sep	4,149	601	11,136	6,825	8,574	8,200	2,795	2,932	2,236	26,436	73,884
Oct	4,344	793	12,109	7,337	11,021	8,372	2,171	3,814	2,355	26,758	79,074
Nov	4,940	1200	15,783	11,017	13,533	10,658	2,615	3,822	2,429	31,135	97,132
Dic	4,263	937	14,718	10,534	12,368	8,848	2,339	3,607	2,114	29,873	89,601
TOTAL	54,288	11184	177,278	125,194	132,781	117,955	26,656	34,638	26,594	330,253	1,036,821

Fuente: Elaboración basada en estadísticas de la Dirección General de Aeronáutica Civil 2012

Tabla 36. Salida de residentes por vía (2013)

VÍA DE INGRESO Y PUERTO DE ENTRADA	Tipo de viajero		Total residentes	Distribución porcentual
	Turista	Excursionista		
TOTALES	833,837	337,238	1,171,075	100.00%
VÍA AÉREA	399,851	44,430	444,281	37.94%
La Aurora	399,565	44,396	443,961	37.91%
Mundo Maya	286	34	320	0.03%
VÍA MARÍTIMA	2,014	219	2,233	0.19%
Puerto Quetzal	65	4	69	0.01%
Santo Tomás de Castilla	31	2	33	0.00%
Puerto Barrios	1,317	146	1,463	0.12%
Livingston	601	67	668	0.06%
Vía TERRESTRE	431,972	292,589	724,561	61.87%
FRONTERA CON EL SALVADOR	274,771	142,272	417,043	35.61%
Valle Nuevo	124,804	48,792	173,596	14.82%
Pedro de Alvarado	95,722	33,967	129,689	11.07%
San Cristóbal	35,624	36,713	72,337	6.18%
Nueva Anguiatú	18,621	22,800	41,421	3.54%
FRONTERA CON HONDURAS*	35,155	37,076	72,231	6.17%
Agua Caliente	8,917	20,540	29,457	2.52%
El Florido	18,381	12,305	30,686	2.62%
El Cinchado	7,857	4,231	12,088	1.03%
FRONTERA CON MÉXICO	107,430	104,185	211,615	18.07%
Tecún Umán	31,115	38,126	69,241	5.91%
El Carmen	56,748	40,166	96,914	8.28%

Continuación Tabla 36.

VÍA DE INGRESO Y PUERTO DE ENTRADA	Tipo de viajero		Total residentes	Distribución porcentual
	Turista	Excursionista		
El Carmen	56,748	40,166	96,914	8.28%
La Mesilla	18,254	25,182	43,436	3.71%
El Naranjo	547	296	843	0.07%
Bethel	30	16	46	0.00%
Gracias a Dios	736	399	1,135	0.10%
FRONTERA CON BELICE	14,616	9,056	23,672	2.02%
Melchor de Mencos	14,616	9,056	23,672	2.02%

Fuente: Elaborado en base al Boletín Estadístico INGUAT (2013)

Tabla 37. Salida de residentes por vía aérea (2009 a 2013)

PUERTO DE ENTRADA	2009	2010	2011	2012	2013
VÍA AÉREA	437,760	453,702	449,816	433,855	444,281
La Aurora	437,459	453,489	449,565	433,496	443,961
Mundo Maya	301	213	251	359	320

Fuente: Elaborado en base al Boletín Estadístico INGUAT (2013)

La Tabla 36 muestra el panorama de medios por los cuales el residente guatemalteco sale del país. En Guatemala el medio favorito de salida es por la vía terrestre, que representa el porcentaje mayor de medio de salida. Cómo se puede observar, el transporte aéreo representa solamente alrededor de un 38% de medio por el cual el residente guatemalteco sale del país, es decir que alrededor de 400,000 personas salen de Guatemala en avión. La muestra que la tendencia en cantidad de residentes que salen de Guatemala por la vía aérea se ha mantenido relativamente estable, y no ha mostrado un incremento notable.

3. Posibles nuevas rutas aéreas a explorar. La Figura 74 muestra a un nivel gráfico lo que está sucediendo en la conectividad aérea de Guatemala. Estos son a gran escala los vuelos directos que posee el país. Se puede identificar que la mayoría de vuelos van con destino, como lo expresan exactamente algunos de los cuadros anteriores, a la región del norte (Estados Unidos y México). Así mismo, muchos de los vuelos también se dirigen a países centroamericanos como los son Costa Rica, El Salvador y Panamá. Vale la pena mencionar que el vuelo que va a Madrid, siempre hace escala en El Salvador, pues por capacidad de la pista del Aeropuerto La Aurora, este avión no puede despegar con carga completa de pasajeros.

Los vuelos directos que Guatemala maneja actualmente son hacia las siguientes ciudades:

- Miami, Estados Unidos
- Dallas, Estados Unidos
- Houston, Estados Unidos
- Los Ángeles, Estados Unidos
- Atlanta, Estados Unidos
- Flores, Petén, Guatemala

- Tegucigalpa, Honduras
- Managua, Nicaragua
- San Salvador, El Salvador
- San José, Costa Rica
- México DF, México
- Cancún, México
- Ciudad de Panamá, Panamá
- Madrid (Pasando primero a El Salvador), España

Figura 74. Panorama de los vuelos actuales de Guatemala



Fuente: Elaboración grupal.

La Figura 75 muestra el modelo idóneo de los vuelos directos para Guatemala. Según las entrevistas que se realizaron en el Departamento de Investigación de Mercados del INGUAT, el problema actual de Guatemala no es exclusivamente el de la infraestructura aeroportuaria, sino el problema está en su conectividad. Según los expertos, el flujo aéreo de Guatemala puede incrementar creando mejores alianzas con aerolíneas y con políticas de cielos abiertos que faciliten el tránsito aéreo en Guatemala. Lo que se necesita es:

- Que el turista no residente, sin importar su país de residencia le sea fácil el llegar a Guatemala.
- Que el usuario guatemalteco tenga las facilidades de llegar a su país de destino con facilidad.

Por otro lado, si se construyera un aeropuerto internacional fuera de la ciudad de Guatemala, se podría llegar a concretar un sistema de vuelos como el propuesto en la Figura 75. Con esto podrían salir y llegar a Guatemala vuelos directos de Europa, mercado turístico de gran importancia para el país. Con esto también

se podría incrementar la conectividad pues se podría aterrizar directo a aeropuertos de conexión internacional tales como:

- Hartsfield-Jackson - Atlanta, Estados Unidos (ATL)
- Londres-Heathrow, Inglaterra (LHR)
- Chicago-O'hare, Estados Unidos (ORD)
- Paris Charles De Gaulle, Francia (CDG)
- Frankfurt, Alemania (FRA)
- Schiphol-Amsterdam, Holanda (AMS)

Figura 75. Proyección de vuelos para Guatemala



Fuente: Elaboración grupal basada en Estadísticas de Boletín estadístico de INGUAT 2012

B. Determinación de indicadores del sector turístico

1. Tablas comparativas de entrevistas a profesionales. Los siguientes tablas son un recopilado a grandes rasgos de las 8 entrevistas realizadas a los profesionales que brindaron su apoyo a esta investigación. Estas tablas se enfocan en dar a conocer los diferentes puntos de vista de personas pertenecientes al sector turístico y económico en cuanto a un proyecto de gran magnitud como es la construcción de un nuevo aeropuerto. Como se observa en la Tabla 38, estos profesionales pertenecen a varias instituciones relacionadas al turismo y actividad aérea.

Según las entrevistas la mayoría de participantes viaja por vía aérea con frecuencia. Muchos, si no es que todos los entrevistados cuando se les preguntó acerca de sus experiencias en el Aeropuerto La Aurora tendieron a responder con cierto negativismo. Las principales razones de disgusto fueron las dificultades de espera para los pasajeros, tanto cuando van a salir como cuando llegan a Guatemala. También se quejaron del transporte público fuera del establecimiento, alegando que es muy difícil para un turista conseguir medios de transporte al llegar al país. En general las respuestas a esta pregunta fueron de carácter negativo.

La mayoría de los encuestados si han formado parte en proyectos relacionados a construcción de aeropuertos o a proyectos relacionados con el aeropuerto actual. Así mismo, al pedir que compararan el aeropuerto actual con los otros que han visitado se notó un cierto pesimismo pues siempre hubo respuestas positivas notorias a favor de los otros aeropuertos y negativas hacia La Aurora. Lo que sí ven como algo positivo para el usuario guatemalteco es la facilidad de llegar al aeropuerto por estar dentro de la ciudad. Aunque esta perspectiva fue cambiando cuando se les preguntó acerca de la ubicación actual del aeropuerto. Sólo uno de los entrevistados dijo que la ubicación estaba bien y esto era por el ahorro de tiempo en llegar. El resto de entrevistados expresaron que la ubicación actual del aeropuerto es muy deficiente principalmente por cuestiones de seguridad.

Una de las preguntas más controversiales fue su anuencia a la construcción de un nuevo aeropuerto fuera de la ciudad de Guatemala. Asombrosamente solamente un entrevistado tuvo una postura negativa en este tema. El resto de entrevistados vieron la construcción de un nuevo aeropuerto como un proyecto de viabilidad para el país. En cuanto a cómo afectaría esta construcción el sector económico se encontraron algunas discrepancias pues no todos creen que esta es la mejor salida para el incremento de la actividad económica en Guatemala.

El tema de la competitividad creó un poco de confusión en los entrevistados, pues unos tenían una muy buena idea de lo que esto significa y lo que aporta al país, mientras algunos no estaban muy familiarizados con el término. A pesar de esto, las respuestas fueron muy concretas indicando a grandes rasgos que un aeropuerto sí puede volver más competitivo a un país, aunque mucho depende de las estrategias que se usen para el desarrollo del mismo.

El tema de nuevos mercados si fue un tema en donde se pudo entender claramente que existen dos perspectivas muy puntuales:

- La construcción de un nuevo aeropuerto no es un medio directo de captación de nuevos mercados.
- La construcción de un nuevo aeropuerto es una herramienta básica para la captación de mercados.

Hubo muchas opiniones encontradas en el tema, pues se cree que un aeropuerto definitivamente ayudaría a que Guatemala como país se pusiera a disposición de mercados que aún no han sido captados. Así mismo, también existe la opinión que mucho de esto depende de los esfuerzos internos, las políticas de cielos abiertos que existan y todo el conjunto de estrategias que se usen en el país para que nuevos turistas escojan a Guatemala como destino vacacional. En este tema fue mucha ayuda una entrevista en especial que se realizó en el departamento de Investigación de Mercados en el INGUAT, pues gracias a esta se logró

definir que ambas posturas son válidas, pero que la mejor salida es la unión de ambas. Un nuevo aeropuerto de la mano de una gama de estrategias de inmersión y captación de nuevos mercados, principalmente aquellos emergentes.

Pasando al tema de las limitantes que se consideran a la hora de llevar a cabo este proyecto, en definitiva es una: la política. Los entrevistados indicaron que el sector político en Guatemala es el causante por excelencia de retrasos y conflictividad en proyectos a largo plazo. Se teme que llevar a cabo este proyecto resultaría o se prestaría para corrupción y mal manejo de fondos. Así mismo, una limitante muy clara es que el proyecto sea realizado para favorecer y enriquecer a un actor o serie de actores específicos, dejando fuera muchos otros actores importantes.

Por último, a pesar que el tema de los indicadores era el punto principal de esta entrevista, fue el que generó más problema. Esto porque muchos de los entrevistados comprendían lo que el estudio proponía, sin embargo creen que la metodología que se quiere realizar es un tanto compleja. A gran escala, los entrevistados aseguran que el sector turístico y económico no son los indicados para analizar la mejor ubicación de un megaproyecto como lo es la construcción de un aeropuerto. Sin embargo, expresaron que indicadores en estos sectores son de suma importancia para analizar la situación actual de Guatemala como país. Entonces, con la ayuda de los entrevistados se logró construir una base de indicadores que se presentará a continuación. Esta se divide en de dos tipos:

- Indicadores de carácter económico y turístico que sirvan como matriz de comparación de Guatemala a nivel internacional.
- Indicadores regionales de carácter turístico a tomar en cuenta antes de escoger la mejor ubicación de un nuevo aeropuerto.

Tabla 38. Tabla comparativa de profesión, institución, desempeño profesional y frecuencia de viajes aéreos en los entrevistados.

Código del entrevistado	Profesión	Institución	Desempeño profesional	Viaja con frecuencia
1	Mercadología	INGUAT	Investigación de mercados e inteligencia en mercados turísticos	Si
2	Economista	PRONACOM	Competitividad territorial a nivel nacional	Si
3	Administrador de Turismo	CAMTUR	Coordinación de proyectos	No
4	Arquitecto	INGUAT	Planificación y diseño de proyectos	No
5	Economista	PRONACOM	Competitividad turística	Si
6	Arquitecto	INGUAT	Diseño de infraestructura	Si
7	Administrador de empresas	DGAC/INGUAT	Conectividad aérea	Si
8	Economista	Prodetur	Gerencia en promoción turística	Si

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39. Tabla comparativa de las experiencias en aeropuertos dentro de Guatemala.

Código del entrevistado	Experiencias en aeropuertos de Guatemala
1	Mal servicio. Falta de transporte para traslados de pasajeros al llegar a Guatemala
2	Infraestructuras en mal estado por falta de mantenimiento
3	Buena experiencia, mejora continua del aeropuerto en todo sentido. Baños en mal estado
4	Falta de áreas para espera de pasajeros. Incómodo e impráctico. Mal servicio de reclamo de equipaje.
5	Buenas experiencias, pero falta mejorar servicio de información de vuelos.
6	No hay acceso a información. Falta de transporte público fuera del establecimiento
7	Falta de cumplimiento con estándares internacionales. Aeropuerto con infraestructura aceptable para el tamaño del flujo turístico
8	Dificultades con renta autos. Mal diseño en el área de espera de pasajeros tanto en salidas como en llegadas. Baja calidad de servicios internos

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40. Tabla comparativa de involucramiento de entrevistados en proyectos de aeronáutica y su percepción del Aeropuerto La Aurora con otros aeropuertos internacionales.

Código del entrevistado	Involucramiento en proyectos afín con aeropuertos	Nivel de la aurora en comparación a otros aeropuertos
1	NO	Infraestructura deficiente. No existen mecanismos automáticos Menor tecnología que muchos otros aeropuertos
2	SÍ	Poca capacidad de carga Servicios internos administrativos se pueden mejorar. No existe área de recepción de pasajeros
3	NO	Infraestructura en mal estado. Baja oferta de productos turísticos dentro de las facilidades en comparación a otros aeropuertos
4	SÍ	No existe buena conexión interna Servicio de transporte público inexistente
5	SÍ	Posee servicios buenos, aunque en comparación con otros aeropuertos del mundo se quedan cortos.
6	SÍ	Infraestructuras mejores mejor calidad en servicios
7	SÍ	Manejo interno de pasajeros deficiente Cercanía con ciudad. Fácil manejo dentro del establecimiento. Gama de servicios relativamente baja dentro del aeropuerto
8	NO	Posición cómoda a la hora de trasladarse al aeropuerto. Fácil acceso. Mal estado de baños y pocos servicios para el turista luego al esperar vuelos.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41. Tabla comparativa de percepciones de los entrevistados en cuanto a la ubicación actual del aeropuerto.

Código del entrevistado	Ubicación actual del aeropuerto
1	Mala ubicación: genera tráfico y muchas líneas aéreas no pueden despegar por posición del aeropuerto.
2	Mala ubicación. Muy peligrosa y no pueden captar vuelos transatlánticos
3	Riesgo latente en causar malestar a la población por su cercanía a poblados
4	Mala ubicación por el riesgo a accidentes
5	Mala ubicación. Un aeropuerto debe de estar alejado de ciudades grandes.
6	Peligro por ubicación y colisiones con centros urbanos importantes
7	Fácil acceso por cercanía con la ciudad, aunque por lo mismo impide ampliación y riesgos de colisiones con centros urbanos.
8	Mala ubicación pero ya existe una infraestructura alrededor del mismo

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42. Actitud de los entrevistados hacia la construcción de un nuevo aeropuerto

Código del entrevistado	Actitud hacia la construcción de un nuevo aeropuerto
1	Positiva: parte de solución de conectividad aérea de Guatemala.
2	Positiva: beneficio para el país. Resolvería el problema técnico de la Aurora.
3	Positiva: solución para satisfacer demandas crecientes.
4	Positiva: resuelve el problema de seguridad aérea.
5	Positiva: Incrementaría escala de economía formal.
6	Negativa: resuelve el problema de ubicación aunque no es de prioridad nacional.
7	Negativa: no es la solución para el problema de flujo aéreo para Guatemala.
8	Positiva: si se realizan consensos y se involucran a todas las partes es una herramienta económica muy poderosa.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 43. Posición del entrevistado en torno a los beneficios de la construcción de un nuevo aeropuerto.

Código del entrevistado	Como afectaría un nuevo aeropuerto a la economía y al país en general
1	Mejoraría la competitividad. Mejoraría la imagen del país. Más atractivo para líneas aéreas
2	Depende de lo que se busque como país, pero si podría servir como una herramienta para incrementar la capacidad de ingresos. Si es definitivamente positivo pues dinamiza el flujo hacia dentro y fuera en temas comerciales
3	Mejoraría la carta de presentación de Guatemala, pues es la puerta de entrada para muchos turistas. Puede llegar a crear un boom turístico para Guatemala aunque depende el enfoque del mismo.
4	Tendría un efecto, aunque no sería un detonante en la actividad turística. Mover el aeropuerto en este momento no es una prioridad de inversión para Guatemala. La ubicación sería el principal motiva para mover el aeropuerto, no el incremento en la actividad económica. El incremento en la economía se genera por medio de los actores económicos.
5	Serviría como una fuente de captación y facilitación de inversión extranjera, así como mejora en temas de importaciones y exportaciones.

Continuación Tabla 43.

Código del entrevistado	Como afectaría un nuevo aeropuerto a la economía y al país en general
6	Si tendría un impacto económico, siempre y cuando se desarrolle en términos de inclusión de diferentes sectores. Puede generar un cambio muy positivo para Guatemala de desarrollarse con las estrategias necesarias.
7	Primero se tendría que tener claro las líneas de acción a tomar. Puede ser una inversión riesgosa que no cause el impacto positivo que se desea. Puede lograr ocasionar desacuerdos y caos entre la población y principalmente en los actores afectados.
8	Con una planificación previa a gran escala en donde se identifiquen las metas de dicho aeropuerto, y se tome un enfoque adecuado podría cambiar el futuro de Guatemala en términos económicos y turísticos.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44. Tabla comparativa de las percepciones de los entrevistados en cuanto a términos de competitividad.

Código del entrevistado	Aeropuerto como mejora de competitividad
1	Sí, pues teniendo un aeropuerto con las medidas internacionales lo convierte en motor de competitividad internacional
2	Sí, siempre y cuando se cumpla con el sistema y funcionamiento
3	Sí, sería una herramienta para que Guatemala se vuelva más competitivo turísticamente hablando
4	No por sí mismo. Un nuevo aeropuerto no es de mejor competencia, sino mejor calificación. No se está usando toda la capacidad del La Aurora
5	Definitivamente haría que Guatemala fuera un país competitivo
6	El aeropuerto La Aurora ya es competitivo, un aeropuerto nuevo no necesariamente haría de Guatemala más competitivo
7	No es la mejor salida hacia la competitividad. El producto que se ofrece aquí debe de mejorar para ser más competitivos, el aeropuerto es sólo un medio de llegada.
8	Sí, promovería la competitividad, aunque no significa que habilitando un nuevo aeropuerto Guatemala automáticamente se vuelve más competitivo como destino. La competitividad vendría de las estrategias que caminen en torno al nuevo aeropuerto construido.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45. Tabla comparativa de las opiniones de los encuestados hacia la posibilidad de captar nuevos mercados con un nuevo aeropuerto y cuales creen que son los mercados a captar.

Código del entrevistado	Aeropuerto como herramienta de captación de nuevos mercados	Posibles mercados a captar
1	Si, pues gracias a que vuelos provenientes de otras regiones del mundo podrían aterrizar, con buenas estrategias se captarían nuevos mercados	El BRIC: Brasil, Rusia, India y China
2	Es un medio pero no es lo más importante. Hay que considerar otros temas como la seguridad y las rutas de acceso. No es un eslabón que capta cambia el futuro.	N/D
3	Si es una herramienta pues incrementa la oportunidad de que turistas vengan a visitar Guatemala	El europeo principalmente
4	Si podría captar a largo plazo pero eso depende mucho de la capacidad de negociación. Tener un nuevo aeropuerto con mayor y mejor capacidad no significa que las aerolíneas quieran aterrizar en Guatemala. Lo mismo en caso de importación y exportación de bienes	N/D

Continuación Tabla 45.

Código del entrevistado	Aeropuerto como herramienta de captación de nuevos mercados	Posibles mercados a captar
5	Si sería una buena herramienta de captación de nuevos mercados, pues facilitaría el acceso a personas provenientes de otros países	Europa
6	La captación de los mercados debe de ser manejada internamente, no necesariamente construyendo un aeropuerto.	N/D
7	Podría llegar a serlo, aunque en este momento se deben de realizar otro tipo de estrategias para captar nuevos mercados. Es de suma importancia la capacidad de alcance que se tenga para negociar con las aerolíneas.	Si se amplía y mejora la conectividad se puede lograr captar cualquier mercado
8	No es exactamente una herramienta directa de captación de nuevos mercados. El éxito del mismo depende de las estrategias mercadológicas que se trabajen en conjunto. Así como las alianzas con aerolíneas y negociaciones para lograr atraer nuevos vuelos.	Europa y los mercados emergentes

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46. Posibles limitantes a la hora de construir un nuevo aeropuerto en Guatemala según los entrevistados.

Código del entrevistado	Limitantes en el proyecto
1	No es la construcción como tal, sino lo que se debe de hacer para que el aeropuerto funcione. Movilización de turistas y usuarios Guatemaltecos
2	Limitación política por ser un proyecto a largo plazo. Mal uso de fondos. Transparencia y corrupción.
3	Depende mucho de quién lidere el proceso. Podría llegar a crear conflicto social. Todo depende de que exista una buena alianza público/privada
4	Financiamiento. Temas políticos. Terreno. Intereses particulares económicos entre diversas partes las que se vendrían afectadas positiva o negativamente por la construcción del nuevo aeropuerto
5	Políticas y de carácter social. Falta de consenso entre partes interesadas. Conflicto público/privado
6	Dependen mucho del enfoque, ubicación y alcances del aeropuerto.
7	Políticas administrativas. Manejo de capital de inversión. Corrupción. Consenso. Planeación estratégica
8	La mayor limitante es la planificación previa a la construcción pues esta no debe de estar realizada para cumplir intereses de actores en especial, sino para lograr llegar a crecer como país. Definitivamente el sector político es la mayor limitante.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47. Indicadores a evaluar en el área turística según los entrevistados

Código del entrevistado	Indicadores en el área turística
1	Desarrollo de segmentos turísticos en el lugar
2	Turismo es difícil de utilizar como sector de indicadores para medir cuestiones de ubicación. Para definir ubicación usar indicadores de carácter técnico
3	Distancia a principales destinos. Situación social del entorno. Cercanía con la ciudad de Guatemala. Planta turística existente. Oferta de servicios. Disponibilidad de los prestadores de servicios

Continuación Tabla 47.

Código del entrevistado	Indicadores en el área turística
4	Cercanía con destinos turísticos importantes. Conectividad con otros aeropuertos. Capacidad de presencia de prestadores de servicios. Cercanía con centros de distribución turística
5	Los indicadores del área turística no determinan o son clave para lograr definir ubicación dentro del país.
6	N/D
7	Para elegir una ubicación dentro de Guatemala se deben de utilizar parámetro de carácter técnico para lograr sustentar de manera racional la nueva ubicación de un aeropuerto.
8	Principalmente en el área turística está: Capacidad turística Atracciones cercanas Planta turística existente Tráfico hacia otros destino Cercanía con centros turísticos importantes Distancia de la ciudad capital Patrimonio natural y cultural cercano Cercanía con puertos marítimos.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 48. Indicadores a evaluar en el sector económico según los entrevistados

Código del entrevistado	Indicadores en el área económica
1	N/D
2	Demanda económica. Aerolíneas dispuestas a volar. Capacidad de uso del aeropuerto actual. Tiempo de desplazamiento en términos de dinero.
3	N/D
4	N/D
5	El sector económico debe de utilizarse como instrumento de medición a una escala mayor. Son muchos los aspectos que se deben de tomar en cuenta los cuales no se adaptan a la metodología que se desea realizar.
6	N/D
7	N/D
8	Utilizar la metodología del World Economic Forum como base, aunque en términos económicos, los indicadores suelen usarse para comparar situación del país en un entorno internacional, no a nivel regional.

Fuente: Elaboración propia.

2. Metodología de indicadores como matriz de comparación de la situación actual de Guatemala en el sector económico/turístico.

Tabla 49. Catorce pilares del Índice de Competitividad Turística

Pilares	Descripción
1. Políticas y regulaciones	Medir la anuencia del sector político a impulsar al turismo.
2. Sostenibilidad ambiental	En este pilar se miden el alcance de las regulaciones ambientales en el país
3. Seguridad	Se miden los índices de criminalidad, violencia y terrorismo. También la cantidad de accidentes viales
4. Salud e higiene	Cantidad de camas hospitalarias y disponibilidad de médicos.
5. Turismo como prioridad	Medidas de alcance del turismo y sistemas de mercadeo
6. Infraestructura de transporte aéreo	Se mide la cantidad de transporte aéreo, el número de salidas y el número de aerolíneas que operan en el país.
7. Infraestructura de transporte terrestre	Mide la calidad de las carreteras, vías ferroviarias y puertos y el alcance de accesibilidad de los mismos hacia atractivos turísticos
8. Infraestructura turística	Mide la cantidad de habitaciones de hotel, presencia de renta autos y cantidad de cajeros automáticos.
9. Infraestructura de información, comunicación y tecnología	Mide la penetración del internet, líneas telefónicas, telefonía móvil en el país.
10. Competitividad en precios	Mide que tan caro es adquirir un bien y un servicio en un país. Mide el alza de precios en la gasolina, impuestos de entrada al país y costo relativo de hospedaje.
11. Recursos humanos	Mide la salud, educación y capacitación referente al factor humano
12. Afinidad por los viajes y el turismo	Mide la anuencia de la población hacia proyectos turísticos y recibir visitación
13. Recursos Naturales	Mide la cantidad de atractivos naturales de un país y las condiciones de los mismos.
14. Recursos Culturales	Mide la cantidad de sitios culturales en un país

Fuente: Elaboración usando como base el Índice de competitividad turística del World Economic Forum, 2013

Tabla 50. Puntos clave de Guatemala

Generalidades	
Población (millones)	15.5
Extensión territorial (km ²)	108,900
PIB (Billones de dólares)	49.8
Crecimiento del PIB anual (%)	3.9
Rankin en rendimiento ambiental (132 países)	76

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 51. Estimados turísticos del 2012

Estimados de la industria turística 2012	Valor absoluto	Porcentaje del total	Tasa de crecimiento (2013-2022)
Aporte de la industria turística al PIB (Millones de \$)	1,661.20	3.5%	2.4
Generación de empleos (millar)	156.4	3.0%	2.6
Estimados de la economía turística 2012			
Aporte de la industria turística al PIB (Millones de \$)	4,260	8.9%	2.6
Generación de empleos (millar)	409	7.90%	2.9

Fuente: Elaboración propia usando como base el Índice de competitividad turística del World Economic Forum, 2013

El conjunto de tablas siguientes presentan un panorama de la situación actual de Guatemala en términos de capacidad y competitividad turística. El país se encuentra actualmente en el puesto 97 de 140 países, esto quiere decir que se está por debajo de mediana (M: 70). A grandes rasgos se logran identificar las áreas en las cuales Guatemala necesita mejorar. El factor de la seguridad es indudablemente la mayor debilidad que posee el país. Guatemala está actualmente en la posición 140 en torno al costo que tiene el crimen y la violencia en los negocios. Es decir que más violencia genera más impacto de carácter negativo en el costo de los negocios.

Puntos importantes a tomar en cuenta son los de la infraestructura de transporte aéreo y terrestre pues también se califica con bajo nivel. Vale la pena mencionar que Guatemala también posee una variedad de fortalezas las cuales también están reflejadas en los cuadros. En el tema de competitividad en precios, Guatemala se encuentra a un nivel muy fuerte. Este es el sector en donde el país tiene mejor puntuación. En términos de recursos, tanto naturales y culturales como humanos Guatemala se encuentra cerca de la mediana. Los recursos naturales son los más fuertes de los tres en el país.

En el panorama de la región Centroamericana se identifica que tanto el Salvador, Honduras, Nicaragua y Guatemala poseen una diferencia entre cada uno poco significativa. Estos cuatro países tienen una calificación de “regular” en cuanto a competitividad turística. Los dos países sobre salientes de la región son sin duda alguna Costa Rica y Panamá, ambos con una competitividad turística “muy buena”.

Tabla 52. Índice de indicadores de competitividad turística actual de Guatemala 2013

No.	Indicador	Puntuación (1-7)	Rankin (de 140)	Media (si aplica)
1	Políticas y regulaciones	4.4	82	
1.1	Prevalencia de la propiedad extranjera	4.9	60	4.6
1.2	Derechos de propiedad	3.7	99	4.3
1.3	Impacto de inversión extranjera	4.2	103	4.5
1.4	Requerimientos de visa (número de países)*	83	47	n/a
1.5	Apertura de acuerdos de servicios aéreos (0-38) *	24.8	7	n/a
1.6	Transparencia de políticas gubernamentales	4.7	40	4.3
1.7	Número de días para empezar un negocio	40	122	n/a
1.8	Costo de empezar un negocio (%PNB/cápita)*	48.1	119	n/a

Continuación Tabla 52.

No.	Indicador	Puntuación (1-7)	Rankin (de 140)	Media (si aplica)
2	Sostenibilidad ambiental	4.7	57	
2.1	Regulación ambiental	4.0	101	4.1
2.2	Cumplimiento de regulación ambiental	2.9	106	3.8
2.3	Sostenibilidad en el desarrollo turístico	3.4	115	4.3
2.4	Emisiones de dióxido de carbono (ton/cápita)*	0.9	34	n/a
2.5	Especies en peligro de extinción (%)*	10.6	119	n/a
No.	Indicador	Puntuación (1-7)	Ranking (de 140)	Media (si aplica)
3	seguridad	3.5	129	
3.1	Costo de crimen y violencia en negocios	1.9	140	4.7
3.2	Fiabilidad con los servicios policiales	2.6	133	4.3
3.3	Accidentes viales(/100,000 personas)*	14.7	61	n/a
3.4	Costo de terrorismo en negocios	4.5	119	5.4
No.	Indicador	Puntuación (1-7)	Ranking (de 140)	Media (si aplica)
4	Salud	3.8	95	
4.1	Acceso a buena calidad de saneamiento, (% de pob.)*	78	86	n/a
4.2	Acceso a agua potable, (% de población)*	92	80	n/a
4.4	Camas de hospital(/10,000 personas)*	6.0	124	n/a
No.	Indicador	Puntuación (1-7)	Ranking (de 140)	Media (si aplica)
5	Turismo como prioridad	4.1	94	
5.1	Turismo como prioridad para el gobierno	4.4	114	5.2
5.2	Presupuesto para turismo (% del presupuesto del gob.)*	4.7	42	n/a
5.3	Efectividad de mercadeo para atracción de turistas	3.6	111	4.4
No.	Indicador	Puntuación (1-7)	Ranking (de 140)	Media (si aplica)
6	Infraestructura de transporte aéreo	2.5	100	
6.1	Calidad de la infraestructura de transporte aéreo	4.9	58	4.6
6.2	Salidas /1,000 habitantes*	0.6	103	n/a
6.3	Densidad aeroportuaria(/millón de habitantes)*	0.1	127	n/a
6.4	Número de aerolíneas que operan	12.5	101	n/a
6.5	Red internacional de transporte aéreo	5	57	4.8
No.	Indicador	Puntuación (1-7)	Ranking (de 140)	Media (si aplica)
7	Infraestructura de transporte terrestre	2.8	114	
7.1	Calidad de carreteras	3.3	90	4.1
7.2	Calidad de infraestructura férrea	1.2	116	3.1
7.3	Calidad de puertos	4.0	83	4.3
7.4	Calidad de la red de transporte terrestre	4.2	87	4.5
7.5	Densidad de carreteras(/millón de habitantes)*	13.0	107	n/a
No.	Indicador	Puntuación (1-7)	Ranking (de 140)	Media (si aplica)
8	Infraestructura turística	2.6	96	
8.1	Habitaciones(/100 habitantes)*	0.3	75	n/a
8.2	Presencia de compañías renta autos	4.0	82	n/a
8.3	Cajeros que acepten visa(/millón de habitantes)*	50.1	106	n/a
No.	Indicador	Puntuación (1-7)	Ranking (de 140)	Media (si aplica)
9	Infraestructura de ICT	2.7	88	
9.1	Uso de ICT para transacciones entre negocios	5.4	44	5.0
9.2	Uso de ICT para transacciones entre negocio y consumidor	4.7	57	4.5
9.3	Personas con acceso a internet (%)*	11.7	114	n/a
9.4	Líneas telefónicas compuestas(/100 habitantes)*	11.0	88	n/a
9.5	Acceso a telefonía móvil(/100 habitantes)*	140.4	22	n/a

Continuación Tabla 52.

No.	Indicador	Puntuación (1-7)	Ranking (de 140)	Media (si aplica)
10	Competitividad en precio de la industria turística	5.1	23	
10.1	Impuestos en ticket aéreos y aeropuerto (0-100)*	81.8	58	n/a
10.2	Precio de combustible (US\$ centavos/litro)*	85.0	36	n/a
10.3	Efecto de tributación	3.6	53	3.6
10.4	Índice de precios por habitación (US\$)*	79.6	10	n/a
No.	Indicador	Puntuación (1-7)	Ranking (de 140)	Media (si aplica)
11	Recursos Humanos	4.7	86	
11.1	Educación primaria neta (%)*	96.9	41	n/a
11.2	Educación secundaria neta (%)*	58.5	108	n/a
11.3	Calidad del sistema educativo	2.6	127	3.8
11.4	Prácticas de reclutamiento y despido	4.2	54	3.9
11.5	Anuencia a contratar extranjeros	4.2	59	4.1
11.6	Expectativa de vida (años)*	71.1	90	n/a
No.	Indicador	Puntuación (1-7)	Ranking (de 140)	Media (si aplica)
12	Afinidad por el turismo	4.7	57	
12.1	Apertura turística, (% de PIB)*	4.4	76	n/a
12.2	Actitud de la población hacia visitantes extranjeros	6.0	97	6.1
12.3	Extensión de viajes de negocios recomendada	5.7	44	5.3
12.4	Grado de orientación al cliente	5.1	33	4.6
No.	Indicador	Puntuación (1-7)	Ranking (de 140)	Media (si aplica)
13	Recursos Naturales	4.1	47	
13.1	Numero de patrimonios naturales mundiales	1.0	45	n/a
13.2	Calidad del entorno natural	3.6	114	4.4
13.3	Cantidad de especies identificadas	1,069	27	n/a
13.4	Protección de bioma terrestre (0-17%)*	13.6	51	n/a
13.5	Áreas marinas protegidas, (%)*	0.8	46	n/a
No.	Indicador	Puntuación (1-7)	Ranking (de 140)	Media (si aplica)
14	Recursos Culturales	2.0	88	
14.1	Número de patrimonios culturales mundiales	5	52	n/a
14.2	Número de ferias internacionales y exhibiciones	17	71	n/a
14.3	Exportación de industrias creativas (% del total mundial)*	0.0	74	n/a
TOTALES		3.65	97	

Fuente: (Elaboración propia usando como base el Índice de competitividad turística del World Economic Forum, 2013)

*Rubros los cuales no se ponderan de 1 a 7. Estos tienen su especificación de medida dentro de paréntesis.

Tabla 53. Tabla comparativa del panorama competitivo de la región Centroamericana basada en los 14 pilares del índice de competitividad turística.

País de C.A	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá
Pilares						
Políticas	4.5	4.4	4.4	4.4	4.2	5.1
Sost. Ambiental	5.2	4.4	3.9	4.7	4.9	5
Seguridad	4.8	3.6	3.5	3.6	4.4	4.7
Salud	4.5	4.2	3.8	3.6	3	4.2
Prior. Del Turismo	5.4	4.1	4.1	4.6	4.2	5.1
Infr. De transp. Aer.	3.9	2.8	2.5	3.0	2.3	4.8
Inf. De trans. Terr.	3.0	3.4	2.8	3.0	2.9	4.3
Infr. Turística	5.1	3.3	2.6	3.3	3.1	4.8
Infr. De ICT	3.2	2.7	2.7	2.4	2.1	3.6
Comp. En precios	4.7	4.7	5.1	4.9	5.2	5
RRHH	5.4	4.6	4.7	4.6	4.7	4.8
Afinidad por el turismo	5.1	4.4	4.7	4.5	4.6	4.9
RRNN	5.4	2.4	4.1	4.0	4	5.3
RRCC	1.9	1.6	2.0	1.6	1.7	2.2
Promedio (0-7)	4.44	3.61	3.64	3.73	3.66	4.56
Rankin Mundial (de 140)	47	104	97	93	95	37

Fuente: Elaboración propia usando como base el Índice de competitividad turística del World Economic Forum, 2013

Tabla 54. Ponderación de resultados de la región Centroamericana en relación a los indicadores de competitividad turística

		1	2	3	4	5
		Malo	Regular	Bueno	Muy Bueno	Excelente
	Ranking Mundial	140 al 112	111 al 84	83 al 56	55 al 28	27 al 1
Costa Rica	47				X	
El Salvador	104		X			
Guatemala	97		X			
Honduras	93		X			
Nicaragua	95		X			
Panamá	37				X	

Fuente: Elaboración propia

C. Metodología de predimensionamiento de aeródromos según requerimientos técnicos.

En este capítulo se encuentran los parámetros de diseño de los diferentes componentes de un aeropuerto de forma resumida y con todos los requisitos previos que se deben conocer para poder tomar todas las decisiones de predimensionamiento de un aeropuerto. Es una secuencia de pasos lógicos que se deben seguir para poder tener un estimado de las dimensiones de las diferentes partes de un aeropuerto y tomarlo como base para otros estudios que se deban hacer antes de invertir en un terreno, diseño y construcción de un proyecto de tan gran magnitud.

1. Parámetros de diseño.

a. Aeronave crítica de diseño para la que se proyecta el aeródromo. La elección de la aeronave crítica de diseño dependerá de la demanda proyectada que se tenga para el aeropuerto en cuestión, la cual a su vez, depende del tipo de aeropuerto a diseñar, ya sea de pasajeros o de carga y si será regional o internacional. También es importante tomar en cuenta la demanda regional de vuelos. En Anexos, encontrará una lista de los aviones más comunes.

Tabla 55. Factor: aeronave crítica de diseño.

Elección de aeronave crítica de diseño		
1	Analizar demanda regional	✓
	Realizar proyección de demanda en el sector analizado	✓
	Aeronave crítica de diseño	Elegir la aeronave crítica de diseño en base a los criterios analizados arriba.

Fuente: Elaboración propia.

b. Clave de referencia de aeródromo. Con base en lo resuelto en el paso anterior, se establece la clave de referencia del aeródromo, la cual se utilizará luego para dimensionar los diferentes componentes del aeropuerto. Esta clave de referencia consta de un número y una letra. El elemento uno de la clave, se elige tomando como base la longitud de campo de referencia del avión, la cual se refiere a la distancia mínima que necesita una aeronave para poder despegar. Este dato debe ser proporcionado por el fabricante de cada aeronave.

El elemento dos de la clave, se elige tomando como base las dimensiones de la aeronave. Las dimensiones que se evalúan son envergadura, que se refiere a la distancia entre las puntas de las alas de la aeronave; y la anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal.

Tabla 56. Parámetro: clave de referencia de aeródromo.

Búsqueda de clave de referencia de aeródromo			
2	Características de la aeronave crítica de diseño		Elementos de CRA
	Campo de referencia	Referirse al	No. Clave
	Envergadura	Apéndice B	Letra de clave
	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal	de este estudio	
	Clave de referencia de aeródromo		Referirse a Tabla 3 de este estudio para conocer los elementos de Clave de Referencia de Aeródromo dependiendo de las características de la aeronave crítica de diseño

Fuente: Elaboración propia.

c. Componente transversal del viento. La componente transversal del viento es uno de los factores que más afectan la orientación y número de pistas con que va a contar un aeródromo. Para conocer la componente transversal del viento se tiene que conocer la velocidad y dirección predominante del viento, al cual se le sacan las dos componentes que lo forman que son la componente que pega de frente a la aeronave y la componente que le pega de lado y que es la que afecta y puede causar accidentes.

Tabla 57. Parámetro: componente transversal del viento.

Componente transversal del viento			
3	Longitud de campo de referencia del avión		Referirse al Apéndice B de este estudio
	Componente transversal del viento admisible	Referirse a la Tabla 4 de este estudio para conocer la componente transversal máxima admisible del viento	✓
	Componente transversal del viento	Analizar Ilustración 40 para conocer la componente transversal real	

Fuente: Elaboración propia.

d. Longitud de pista. La longitud de la pista se debe seleccionar a partir de las longitudes operativas de la aeronave crítica de diseño. Estas longitudes son la de despegue y la de aterrizaje, las cuales son proporcionadas por el fabricante de las aeronaves. La longitud básica de la pista deberá ser la mayor de las longitudes mencionadas, es decir, la crítica. Usualmente la longitud de despegue es la crítica por lo que para hacer una primera aproximación a la longitud básica de la pista se puede tomar la longitud de campo de referencia de la aeronave crítica de diseño ya que es la longitud mínima que necesita una aeronave para poderse sustentar en el aire.

Luego de conocer la longitud básica de la pista, se deben hacer correcciones ya que las longitudes antes mencionadas las proporciona el fabricante bajo condiciones ideales que son a la altura del mar, a temperatura 15°C y si se operara en pistas con pendiente de 0%.

Tabla 58. Parámetro: longitud básica de la pista.

Longitud de pista		
4	Longitud del recorrido de despegue requerido por aeronave crítica de diseño (LD)	Referirse al manual de vuelo de la aeronave crítica de diseño
	Longitud de aterrizaje requerida por aeronave crítica de diseño (LA)	Proporcionada por el fabricante de la misma
	Longitud básica de la pista	La mayor de las longitudes anteriores

Fuente: Elaboración propia.

e. Correcciones de longitud de pista. Como se mencionó en el parámetro anterior, la longitud de pista se tiene que corregir para llegar a tener una longitud de pista real ante las condiciones del lugar en donde va a estar situada la pista. Todas estas correcciones se hacen a la longitud de despegue ya que es la longitud crítica.

Las correcciones que se deben hacer son de elevación, ya que mientras más alto sobre el nivel del mar esté la pista, más larga deberá ser; de temperatura, ya que mientras más caliente sea la ubicación de la pista, más larga deberá ser; y de pendiente longitudinal de la pista, ya que si esta tiene pendiente, deberá alargarse. Por otro lado, también se le debe hacer la corrección por elevación del aeródromo a la longitud de aterrizaje. Finalmente, la longitud de pista efectiva es la mayor de las dos longitudes corregidas.

Tabla 59. Parámetro: correcciones de longitud de pista.

Correcciones de longitud de pista básica			
5	Elevación del aeródromo (H)		Elevación a nivel del mar del aeródromo
	Temperatura de aeródromo (TR)		Temperatura real del aeródromo
	Temperatura según atmosfera tipo (TA)		Referirse a la Tabla 5 de este estudio para conocer la temperatura en atmosfera tipo
	Pendiente de la pista (P)		Pendiente del terreno
	Corrección de longitud de pista de despegue por elevación (LDE)	$LD*(1+7\%*H/300)$	Referirse a la parte D.2.c.1).a) de este estudio para especificaciones de la corrección
	Corrección por temperatura (LCT)	$LDE*(1+1\%*(TR-TA))$	Referirse a la parte D.2.c.1).b) de este estudio para especificaciones de la corrección
	Corrección por pendiente longitudinal (LCP)	$LCT*(1+10\%*P)$	Referirse a la parte D.2.c.1).c) de este estudio para especificaciones de la corrección
	Corrección de longitud de pista de aterrizaje por elevación (LAE)	$LA*(1+7\%*H/300)$	Referirse a la parte D.2.c.1).a) de este estudio para especificaciones de la corrección
	Longitud efectiva de la pista		Elegir la mayor entre LCP y LAE

Fuente: Elaboración propia.

f. Anchura de la pista. La anchura de la pista depende de la clave de referencia del aeródromo que se está diseñando, la cual a su vez depende de las características físicas de la aeronave crítica de diseño: la envergadura de la misma y la distancia entre sus ruedas de tren de aterrizaje.

Tabla 60. Parámetro: anchura de pista.

Anchura de la pista		
6	Número de clave de referencia	Obtener los datos de esta tabla
	Letra de clave de referencia	según parámetro 2
	Anchura de pista	Referirse a la Tabla 6 de este estudio para obtener la anchura

Fuente: Elaboración propia.

g. Pendientes de la pista. Las pendientes de la pista también dependen de la clave de referencia del aeródromo. Las pendientes longitudinales tienen limitaciones, ya que de ser muy grandes, afectarían el desempeño de despegue y aterrizaje de las aeronaves. En cuanto a las pendientes transversales, son importantes para facilitar el rápido drenaje del agua sobre la pista.

Tabla 61. Parámetro: pendientes de la pista.

Pendientes de la pista		
7	Número de clave de referencia	Obtener los datos de esta tabla
	Letra de clave de referencia	Según parámetro 2
	Pendiente longitudinal de pista	Referirse a la Tabla 7 de este estudio
	Pendiente transversal de pista	Referirse a la Tabla 8 de este estudio

Fuente: Elaboración propia.

h. Margen de la pista. El margen de la pista es muy importante ya que es el lugar que se encuentra a las orillas de pistas. Los márgenes de la pista sirven básicamente para soportar el peso del avión en caso de que se salga de su trayectoria y que no sufra daños en las llantas. También está diseñado para que no entren objetos como piedras a la pista desde los terrenos aledaños a la pista.

Tabla 62. Parámetro: dimensionamiento margen de la pista.

Margen de la pista		
8	Letra de clave de referencia	Obtener de esta tabla según parámetro 2
	Ancho total de la pista	Referirse a la Tabla 9 de este estudio para obtener la anchura

Fuente: Elaboración propia.

i. Franjas de la pista. Esta superficie comprende la pista y la zona de parada y se diseña para reducir el riesgo de daños a aeronaves y personas que operan durante el despegue y aterrizaje.

Tabla 63. Parámetro: dimensionamiento de franjas de la pista.

Franjas de la pista		
9	Número de clave de referencia	Obtener los datos de esta tabla
	Letra de clave de referencia	Según parámetro 2
	Longitud de franjas de pista	Referirse a la Tabla 10 de este estudio
	Ancho de franjas de pista	Referirse a la Tabla 11 de este estudio
	Pendiente longitudinal de pista	Referirse a la Tabla 12 de este estudio
	Pendiente transversal de pista	Referirse a la Tabla 13 de este estudio

Fuente: Elaboración propia.

j. Calles de rodaje. Las calles de rodaje son todas aquellas calles por donde la aeronave debe pasar para llegar desde la pista hasta la terminal o viceversa. Estas calles dependen de las características físicas de la aeronave crítica de diseño y del tipo de pista, si es de vuelo visual o por instrumentos.

Tabla 64. Parámetro: dimensionamiento de calles de rodaje.

Calles de rodaje		
10	Número de clave de referencia	Obtener los datos de esta tabla
	Letra de clave de referencia	Según Parámetro 2
	Pista de vuelo visual o por instrumentos	Referirse a la Tabla 2 de este estudio
	Distancia libre entre rueda del avión y borde de calle	Referirse a la Tabla 14 de este estudio
	Ancho de calles de rodaje	Referirse a la Tabla 15 de este estudio
	Pendiente longitudinal de pista	Referirse a la Tabla 17 de este estudio
	Pendiente transversal de pista	Referirse a la Tabla 18 de este estudio
	Ancho total de calle de rodaje	Referirse a la Tabla 19 de este estudio

Fuente: Elaboración propia.

k. Calles de salida rápida. Las calles de salida rápida sirven para conectar la pista con las calles de rodaje de forma rápida para que la aeronave que acaba de aterrizar pueda desocupar la pista lo más rápido posible y así pueda dar lugar a otra aeronave para que aterrice. Estas calles no deben estar a más de 45° para evitar que a las aeronaves se les dificulte mucho entrar a ellas.

Tabla 65. Parámetro: dimensionamiento de calles de salida rápida.

Calles de salida rápida		
11	Número de clave de referencia	Obtener los datos de esta tabla
	Radio de curva de viraje	Referirse a la Tabla 20 de este estudio
	Velocidad de salida	Referirse a la Tabla 21 de este estudio

Fuente: Elaboración propia.

l. Elección de radioayudas de navegación. Las radioayudas de navegación son requeridas para la operación segura y eficiente de aeronaves. Estas radioayudas dependen del tipo de pista que se vaya a construir ya sea para vuelo visual o por instrumentos. La elección de estas radioayudas también depende mucho de la inversión que se quiera hacer debido a que son aparatos con costos muy elevados.

Tabla 66. Parámetro: radioayudas de navegación.

Elección de radioayudas de navegación		
12	Tipo de pista	Referirse a la Tabla 2 de este estudio
	Radioayudas de navegación	Referirse a la sección C.5. de este estudio para elegir las radioayudas que se requieren dependiendo del tipo de pista

Fuente: Elaboración propia.

m. Puertas. Los tipos y cantidad de puertas dependen de las aeronaves que lleguen al aeropuerto y de la demanda de vuelos que tenga.

Tabla 67. Parámetro: tipo y cantidad de puertas.

Puertas		
13	Envergadura del avión	Referirse al Apéndice B de este estudio
	Fuselaje del avión	Referirse al manual de vuelo de la aeronave crítica de diseño
	Tipo de puerta	Referirse a la Tabla 22 de este estudio
	Cantidad de puertas de aeronaves	Obtener datos históricos de demanda de vuelos y cantidades de puertas con que cuentan los aeropuertos regionales

Fuente: Elaboración propia.

n. Edificio terminal. El dimensionamiento del edificio terminal depende de muchos factores que al momento de hacer un análisis específico de diseño de aeródromo se deben tomar en cuenta. Sin embargo, se puede hacer una primera aproximación solamente contando con la cantidad de puertas de aeronaves con que contará el aeródromo. También es importante conocer que tipo de aeropuerto será para saber que tanto movimiento habrá en el mismo.

Tabla 68. Parámetro: dimensionamiento de edificio terminal.

Edificio terminal		
14	Tipo de aeropuerto (internacional o doméstico)	
	Cantidad de puertas de aeronaves	Tomar el dato del parámetro anterior
	Superficie total de la terminal	Referirse a la Tabla 24 de este estudio

Fuente: Elaboración propia.

o. Margen de plataforma. El margen de plataforma se refieren al espacio que debería haber entre cualquier aeronave y el edificio terminal. De nuevo, este parámetro depende de la clave de referencia de la aeronave crítica de diseño.

Tabla 69. Parámetro: margen de plataforma.

Margen de plataforma		
15	Letra de clave de referencia	4E
	Margen de plataforma	Referirse a la Tabla 25 de este estudio

Fuente: Elaboración propia.

p. Configuración de plataforma. La configuración de la plataforma que se tendrá en un aeródromo depende de la demanda proyectada que se tendrá en el aeródromo. Dependiendo de esta demanda se puede elegir entre varios tipos de configuración, las cuales tienen más beneficios para ciertos tipos de aeropuertos. Sin embargo, es parte del diseño arquitectónico que se realizará al momento de hacer un análisis más profundo.

Tabla 70. Parámetro: configuración de plataforma.

Configuración de plataforma		
16	Letra de clave de referencia	Obtener los datos de esta tabla
	Configuración de plataforma	Referirse a la Tabla 25 de este estudio

Fuente: Elaboración propia.

2. Ejemplificación de metodología de predimensionamiento de aeródromo según requerimientos técnicos de diseño. A continuación se utilizará la metodología explicada en el capítulo anterior para predimensionar un aeródromo según los requerimientos técnicos de diseño básicos proporcionados por instituciones que rigen dichos requerimientos a nivel mundial como la Organización de Aeronáutica Civil Internacional y la Administración Federal de Aviación.

Se ejemplificará para cinco posibles sitios en Guatemala (ver Figura 76), los cuales fueron identificados en base a diferentes criterios para concluir que es en estos en donde sería apto ubicar el aeródromo, debido a que se encuentran a menos de 50 km de la capital, lo que los hace facilita el acceso, distancia y tiempo de llegada a los mismos. Los sitios son:

- Escuintla, Escuintla,
- Sanarate, El Progreso,
- Jalapa, Jalapa,
- Patzicía, Chimaltenango y
- Barberena, Santa Rosa

a. Aeronave crítica de diseño para la que se proyecta el aeródromo

Tabla 71. Elección de aeronave crítica de diseño.

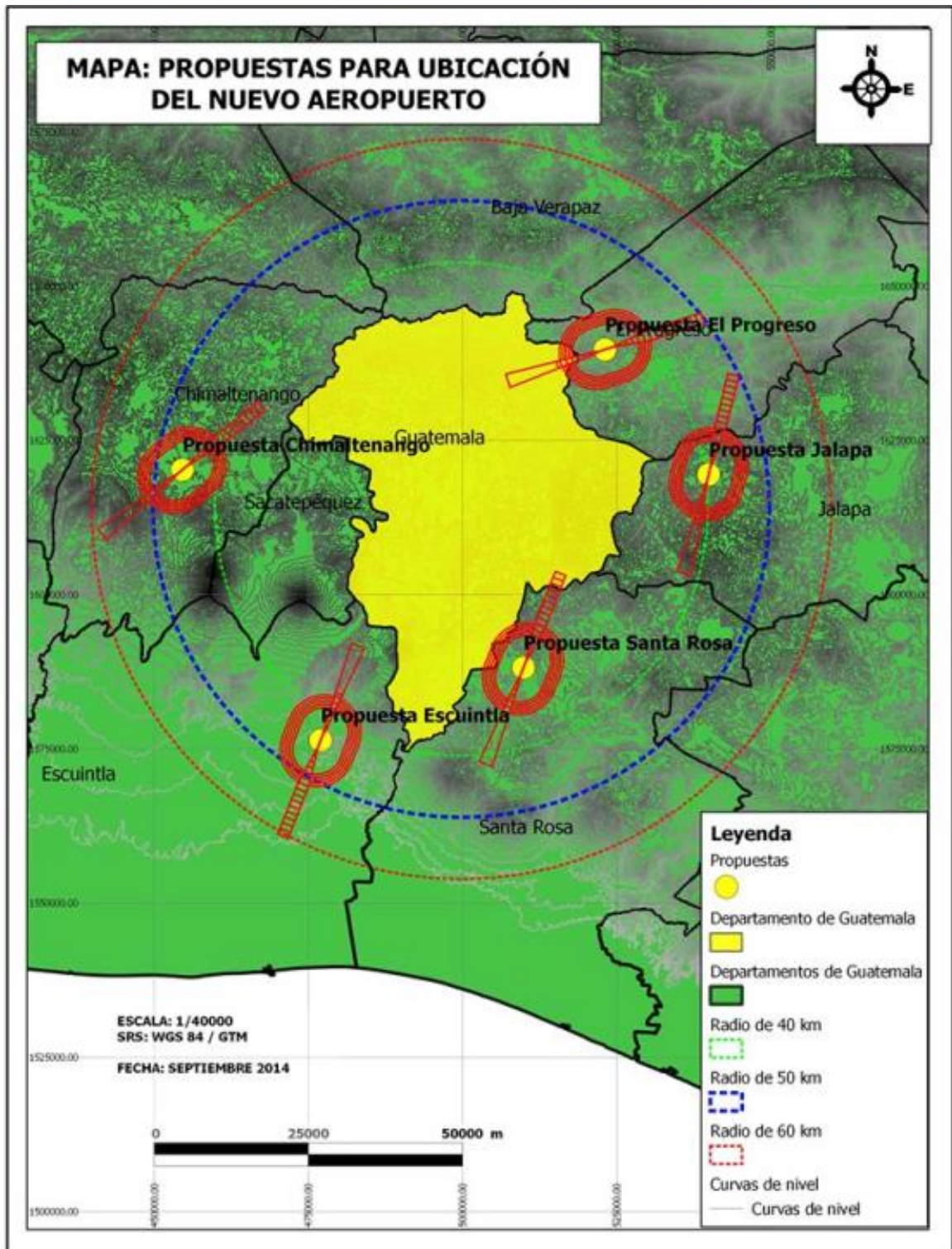
Elección de aeronave crítica de diseño		
1	Analizar demanda regional	✓
	Realizar proyección de demanda en el sector analizado	✓
	Aeronave crítica de diseño	BOEING 747-100

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 72 se describen las aeronaves que utilizan los aeropuertos centroamericanos según el Plan Maestro de Transporte Aéreo y Aeropuertos Centroamericanos de la SIECA. De esas aeronaves, las más grandes son el Boeing 747-100 y el Boeing 767 que son utilizados para vuelos interoceánicos.

Es por eso que para este análisis se elige la aeronave Boeing 747-100 para poder competir con la demanda que existe en la región y tener un aeropuerto atractivo para las posibles aeronaves que lleguen al país. Es importante tomar en cuenta que se estima que el tráfico aéreo en Guatemala incrementará, sin embargo, no incrementará lo suficiente como para acomodar a tantas personas como lo hace el Airbus 380 que es uno de los aviones comerciales más grandes del momento.

Figura 76. Propuestas de ubicación de aeropuerto.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 72. Aeronaves que utilizan los aeropuertos centroamericanos.

Aeropuerto	Tipo de aeronave	Envergadura (pies)	Tipo de puerta
El Salvador	Airbus 320	111.3	A
	Boeing 737-200	93.0	A
	Boeing 737-300	94.8	A
	Boeing 737-800	95.6	A
	DC 9	93.3	A
Juan Santamaría, Costa Rica	Airbus 300	147.1	B
	Airbus 320	111.3	A
	Boeing 727-200	108.0	A
	Boeing 737-200	93.0	A
	Boeing 757	124.8	B
	Boeing 767	156.1	B
	Boeing 767-300	156.1	B
Sandino, Nicaragua	Airbus 320	111.3	A
	Boeing 727-200	108.0	A
	Boeing 737-200	93.0	A
	Boeing 737-800	95.6	A
	MD-87'	169.8	B
	Short 360	74.8	-
Toncontín, Honduras	Airbus 320	111.3	A
	Boeing 737-200	93.0	A
	Boeing 757	124.8	B
San Pedro Sula, Honduras	Airbus 320	111.3	A
	Boeing 727-200	108.0	A
	Boeing 737-200	93.0	A
	Boeing 737-300	94.8	A
	Boein 747	195.7	D
Roatan, Honduras	Boeing 737-200	93.0	A
La Aurora, Guatemala	Airbus 320	111.3	A
	Boeing 727-200	108.0	A
	Boeing 737	93.0	A
	Boeing 737-200	93.0	A
	Boeing 737-700	94.8	A
	Boeing 737-800	95.6	A
	Boeing 747	195.7	D
	Boeing 7570	124.8	B
Tikal, Guatemala	T Fokker F 27	95.2	A

Fuente: SIECA, 2001.

b. Clave de referencia de aeródromo .Según la decisión tomada en el paso anterior, la aeronave crítica de diseño para nuestro análisis será el Boeing 747-100 que es una aeronave grande y cotizada en la región. Según los datos del Apéndice B de este estudio, se llenan los espacios necesarios para conocer la clave de referencia de aeródromo. Para el análisis, con el Boeing 747-100, se obtiene una clave de referencia de aeródromo 4E.

Tabla 73. Clave de referencia de aeródromo.

Búsqueda de clave de referencia de aeródromo				
Características de la aeronave crítica de diseño			Elementos de CRA	
2	Campo de referencia	3,060 m	4	
	Envergadura	59.64 m	E	
	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal	12.4 m		
	Clave de referencia de aeródromo			4E

Fuente: Elaboración propia.

c. Componente transversal del viento

Tabla 74. Componente transversal del viento.

Componente transversal del viento			
3	Longitud de campo de referencia del avión	3,060 m	
	Componente transversal del viento admisible	37 km/h	✓
	Componente transversal del viento	Escuintla, viento predominante 10 km/h El Progreso, viento predominante 1 km/h Jalapa, viento predominante 4 km/h Chimaltenango, viento predominante 5 km/h Santa Rosa, viento predominante 2 km/h	

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 77 se observa que los vientos predominantes más veloces del país son de 10 km/h. Por lo que la componente transversal del viento no es una características crítica al momento del dimensionamiento de un aeródromo. Sin embargo, sí es importante tomar en cuenta la dirección del viento para emplazar la pista en la dirección predominante del viento y favorecer los despegues y aterrizajes en el aeródromo.

Figura 77. Mapa de vientos en Guatemala



Fuente: INSIVUMEH, 2002.

d. Longitud de pista

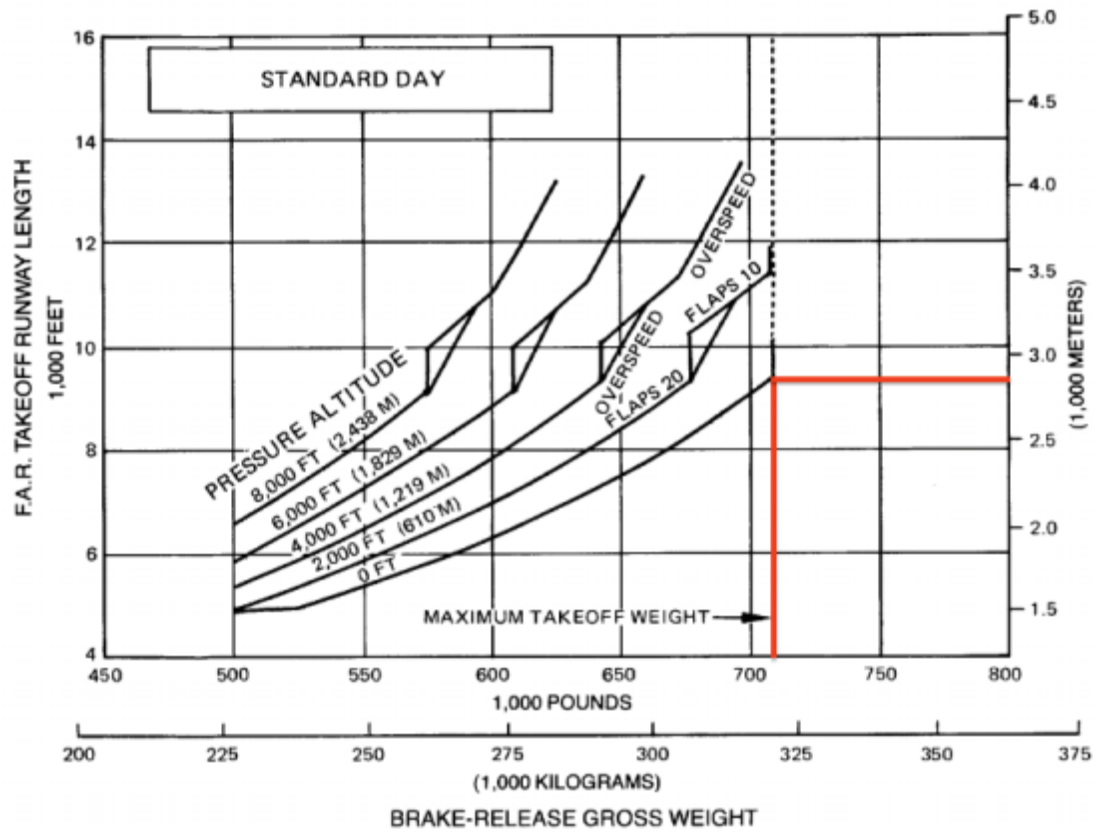
Tabla 75. Longitud básica de la pista.

Longitud de pista		
4	Longitud del recorrido de despegue requerido por aeronave crítica de diseño (LD)	2,800 m
	Longitud de aterrizaje requerida por aeronave crítica de diseño (LA)	2,400 m
	Longitud básica de la pista	2,800 m

Fuente: Elaboración propia.

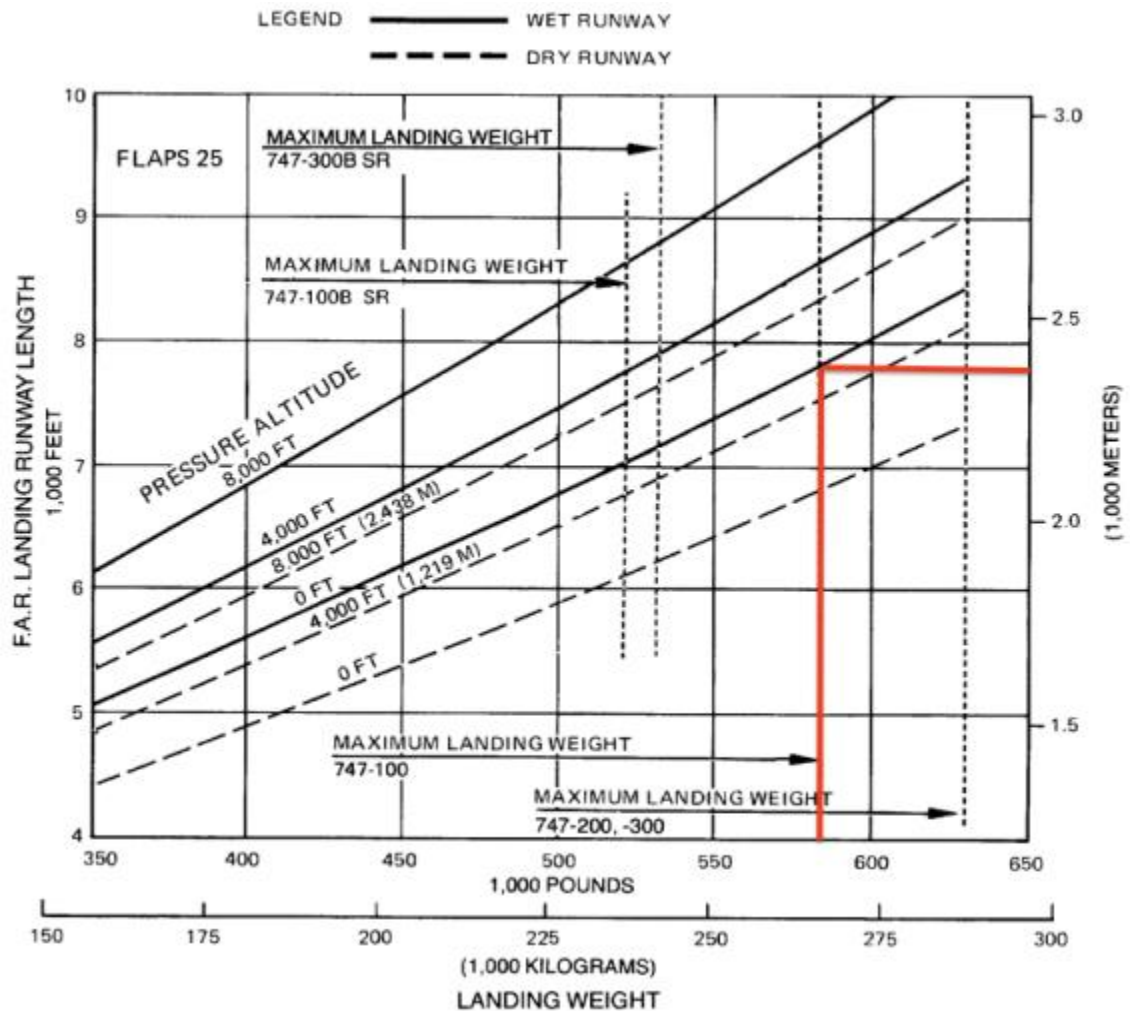
En la Figura 78, obtenida del manual de desempeño del avión Boeing 747-100, se puede observar que el requerimiento de longitud de pista para el despegue es aproximadamente 2,800 m con el peso máximo de despegue. De igual manera, en la Figura 79 se puede observar que el requerimiento de longitud de pista para el aterrizaje es aproximadamente 2,400 m. De lo cual, se puede concluir que la longitud básica de la pista es la mayor de las anteriores, 2,800 m que es la longitud de despegue que requiere la aeronave crítica de diseño.

Figura 78. Especificaciones de longitud de despegue del BOEING 747-100.



Fuente: Boeing, 1981.

Figura 79. Especificaciones de longitud de aterrizaje del BOEING 747-100.



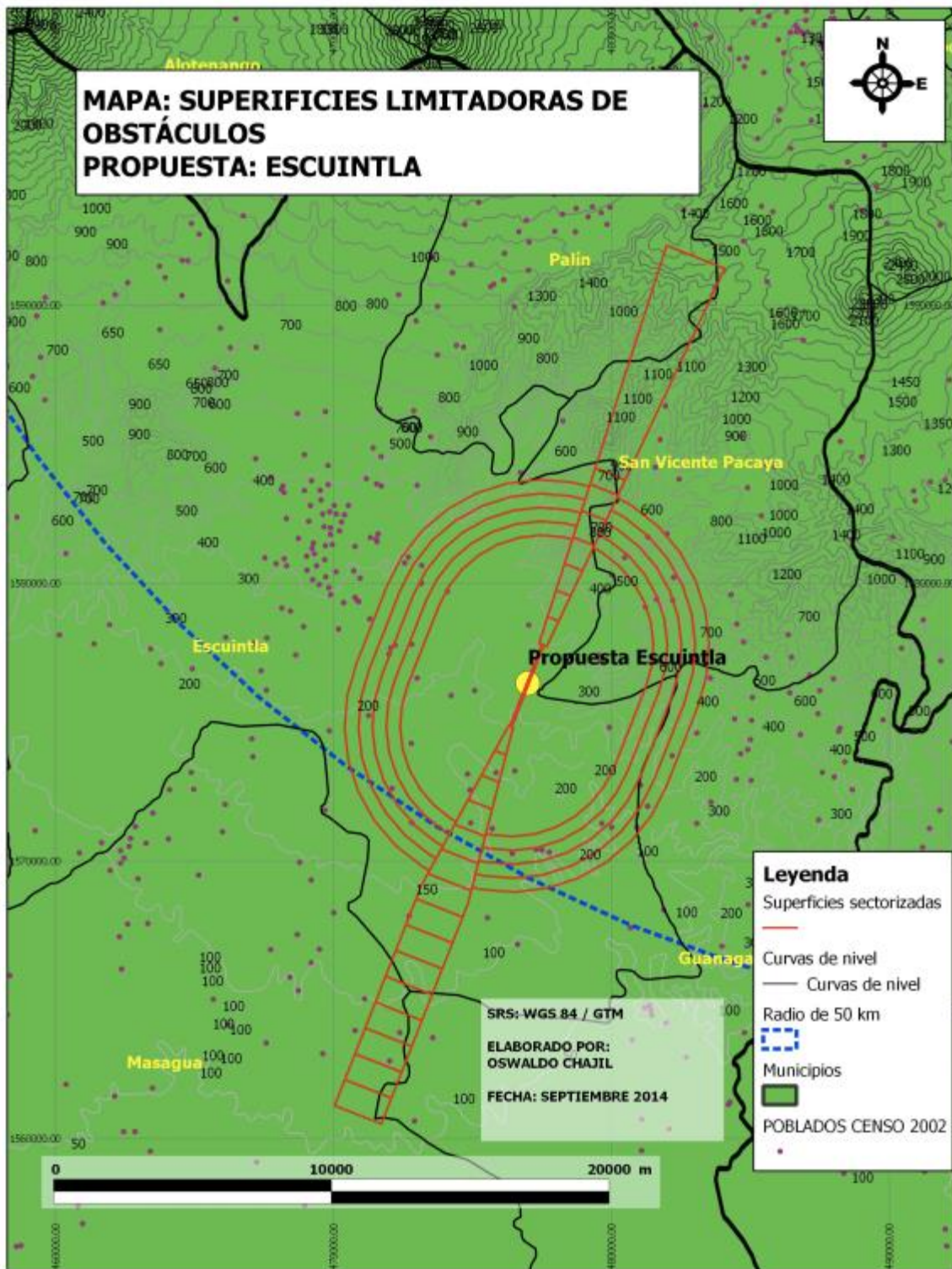
Fuente: Boeing, 1981.

e. Correcciones de longitud de pista. Para realizar las correcciones de longitud de pista se necesita la información específica de cada uno de los departamentos, lo cual se detalla directamente en la Tabla 76 para Escuintla, en la Tabla 77 para El Progreso, en la Tabla 78 para Chimaltenango, en la Tabla 79 para Santa Rosa y finalmente, en la Tabla 80 para Jalapa. La información se obtuvo de mapas y datos históricos del INSIVUMEH y MAGA.

Se puede observar que las longitudes de pista varían bastante dependiendo de la altura sobre el nivel del mar de cada uno de los sitios. Además, son longitudes de pista demasiado grandes, lo que incrementaría demasiado el costo de su construcción. Es por eso que se debe establecer una longitud y en base a eso reducir el peso máximo de despegue de las aeronaves críticas de diseño para que la pista sea apta para las mismas.

A continuación se detallan las longitudes de pista óptimas para cada uno de los sitios con base al peso máximo de despegue.

Figura 80. Ubicación propuesta en Escuintla, Escuintla.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 76. Correcciones de longitud de pista para Escuintla, Escuintla.

Correcciones de longitud de pista básica			
5	Elevación del aeródromo (H)		200 m
	Temperatura de aeródromo (TR)		27°C
	Temperatura según atmosfera tipo (TA)		13.7°C
	Pendiente de la pista (P)		0.0%
	Longitud básica de pista (LD)		2,800 m
	Longitud de aterrizaje (LA)		2,400 m
	Corrección de longitud de pista de despegue por elevación (LDE)	$LD*(1+7%*H/300)$	2,996 m
	Corrección por temperatura (LCT)	$LDE*(1+1%*(TR-TA))$	3,394 m
	Corrección por pendiente longitudinal (LCP)	$LCT*(1+10%*P)$	3,394 m
	Corrección de longitud de pista de aterrizaje por elevación (LAE)	$LA*(1+7%*H/300)$	2,568 m
	Longitud efectiva de la pista		3,321 m

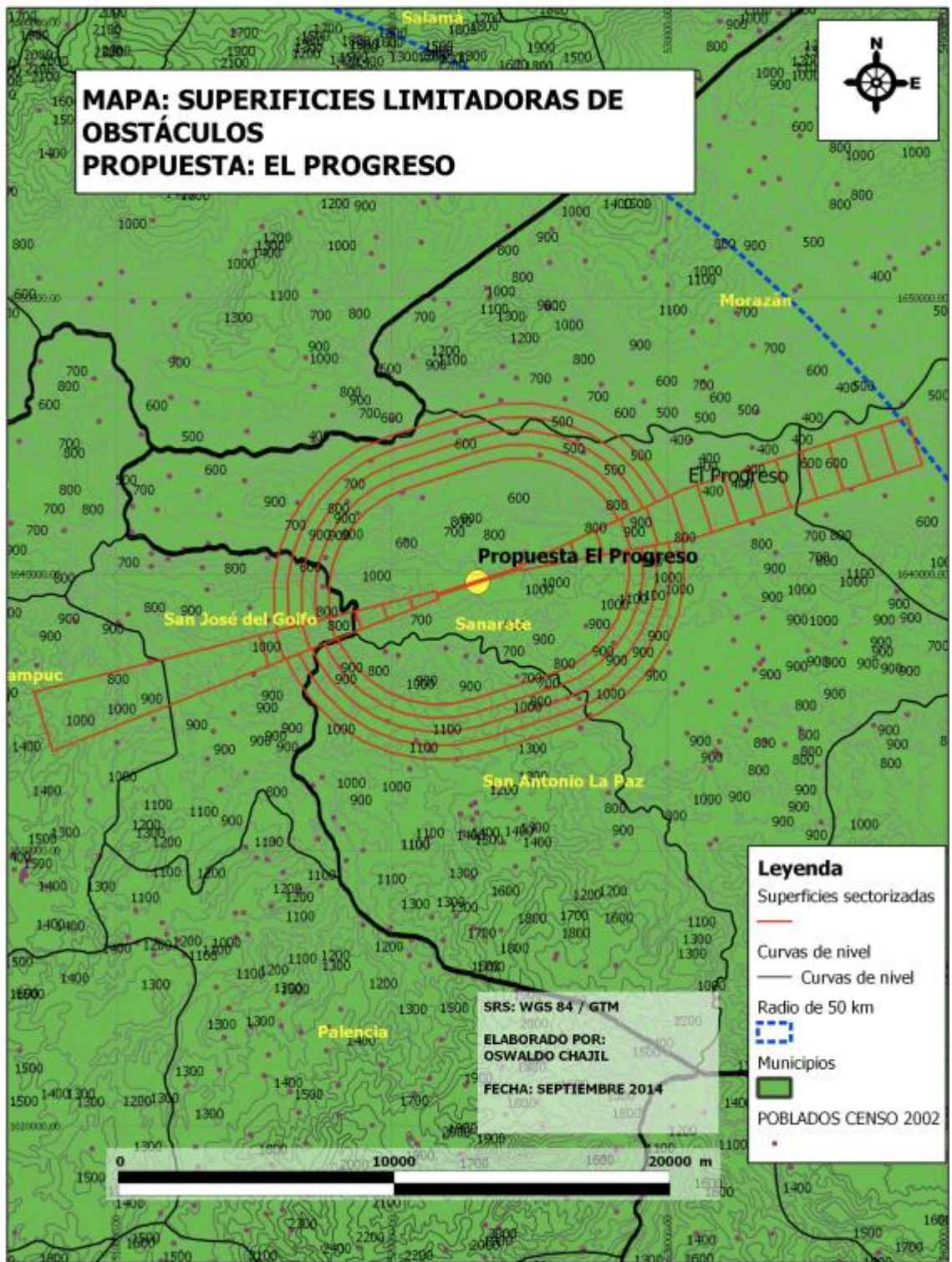
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 77. Correcciones de longitud de pista para Sanarate, El Progreso.

Correcciones de longitud de pista básica			
5	Elevación del aeródromo (H)		900 m
	Temperatura de aeródromo (TR)		25°C
	Temperatura según atmosfera tipo (TA)		9.15°C
	Pendiente de la pista (P)		0.0%
	Corrección de longitud de pista de despegue por elevación (LDE)	$LD*(1+7%*H/300)$	3,388 m
	Corrección por temperatura (LCT)	$LDE*(1+1%*(TR-TA))$	3,925 m
	Corrección por pendiente longitudinal (LCP)	$LCT*(1+10%*P)$	3,925 m
	Corrección de longitud de pista de aterrizaje por elevación (LAE)	$LA*(1+7%*H/300)$	2,904 m
	Longitud efectiva de la pista		3,925 m

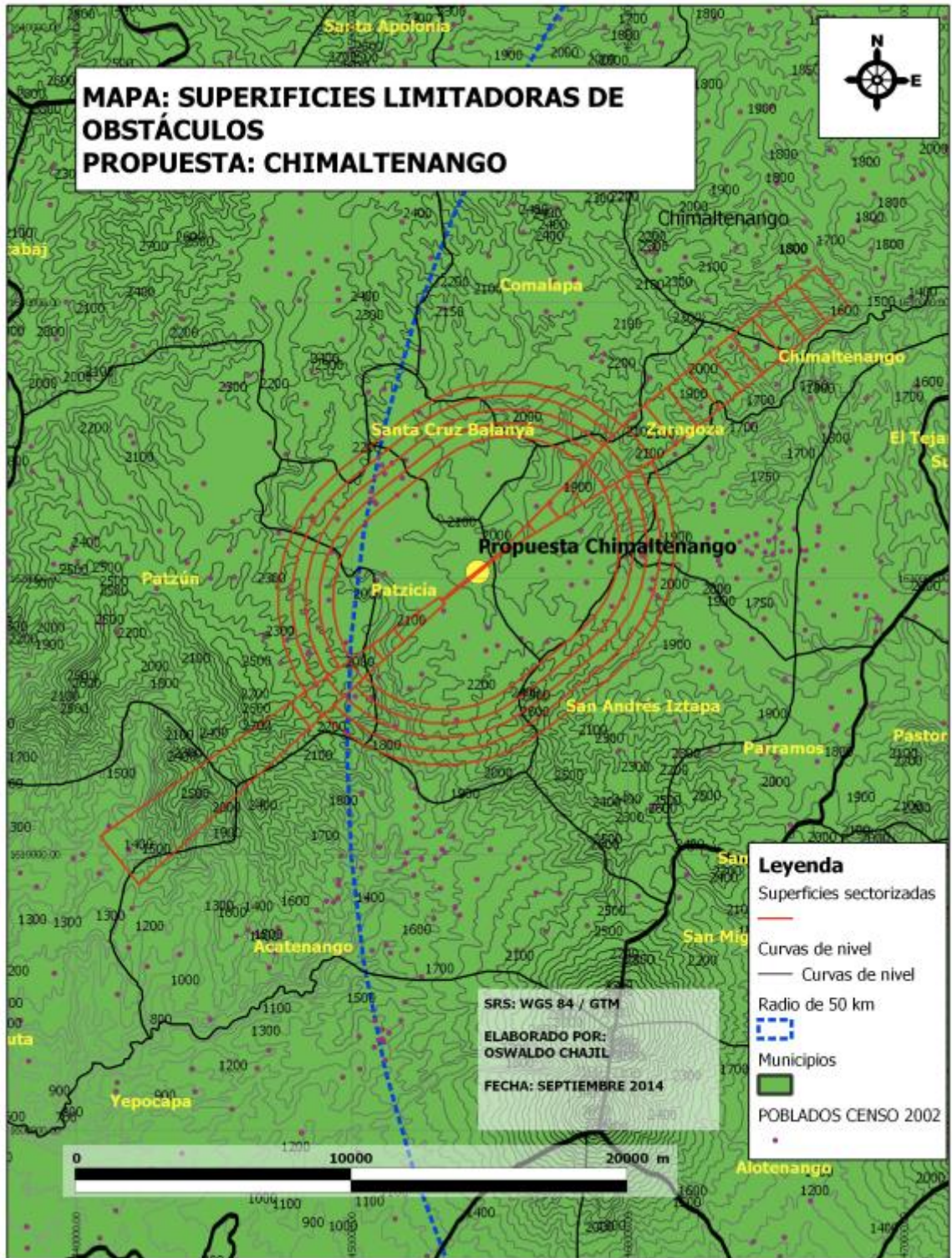
Fuente: Elaboración propia.

Figura 81. Ubicación propuesta en Sanarate, El Progreso



Fuente: Elaboración propia.

Figura 82. Ubicación propuesta en Patzcía, Chimaltenango.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 78. Correcciones de longitud de pista para Patzicía, Chimaltenango.

Correcciones de longitud de pista básica			
5	Elevación del aeródromo (H)		2,130 m
	Temperatura de aeródromo (TR)		15 °C
	Temperatura según atmosfera tipo (TA)		1.16 °C
	Pendiente de la pista (P)		0.00%
	Longitud básica de pista (LD)		2,800 m
	Longitud de aterrizaje (LA)		2,400 m
	Corrección de longitud de pista de despegue por elevación (LDE)	$LD*(1+7\%*H/300)$	4,192 m
	Corrección por temperatura (LCT)	$LDE*(1+1\%*(TR-TA))$	4,772 m
	Corrección por pendiente longitudinal (LCP)	$LCT*(1+1\%*P)$	4,772 m
	Corrección de longitud de pista de aterrizaje por elevación (LAE)	$LA*(1+7\%*H/300)$	3,593 m
	Longitud efectiva de la pista		4,772 m

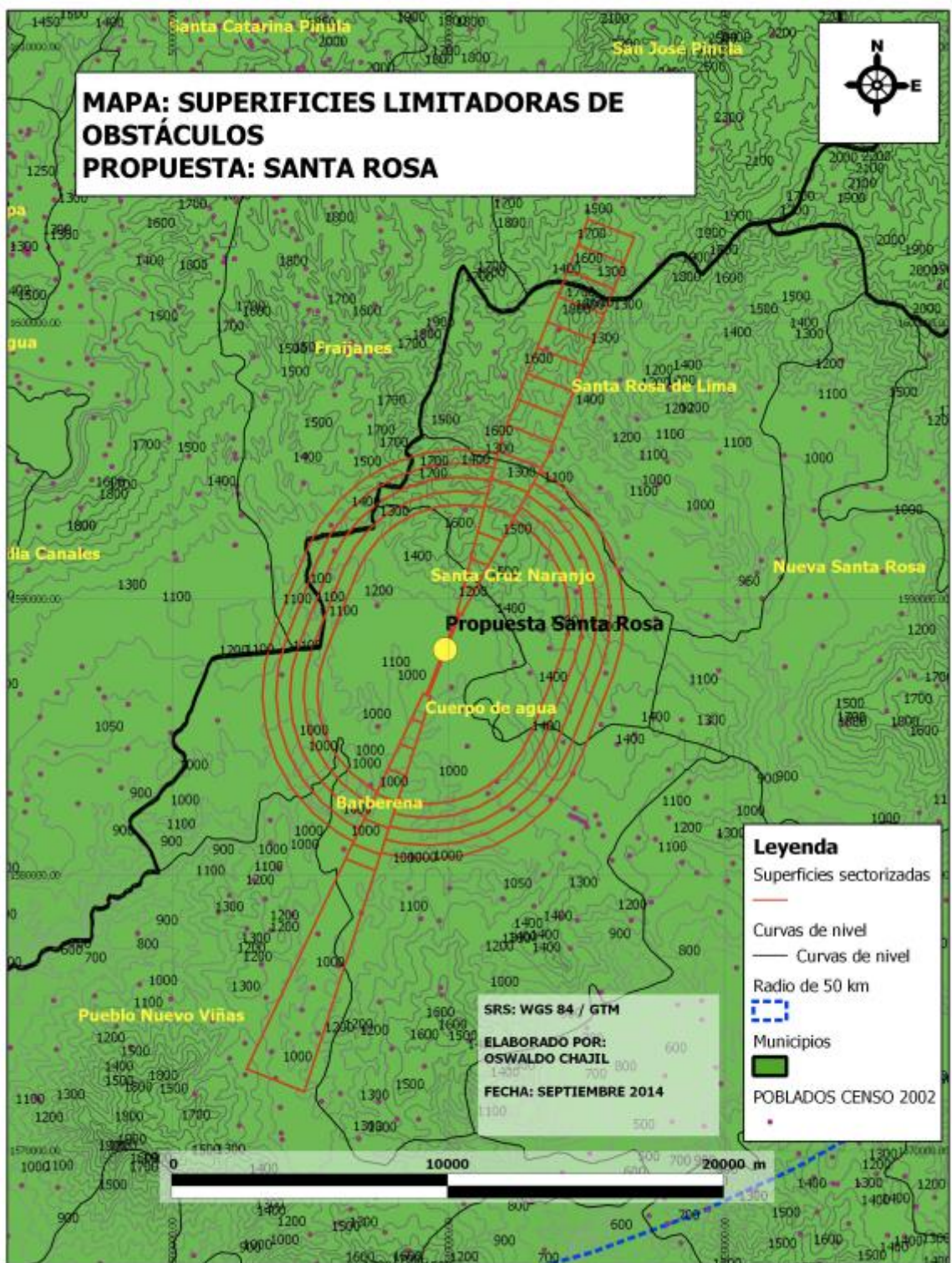
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 79. Correcciones de longitud de pista para Barberena, Santa Rosa.

Correcciones de longitud de pista básica			
5	Elevación del aeródromo (H)		1,100 m
	Temperatura de aeródromo (TR)		19 °C
	Temperatura según atmosfera tipo (TA)		8.05 °C
	Pendiente de la pista (P)		0.00%
	Longitud básica de pista (LD)		2,800 m
	Longitud de aterrizaje (LA)		2,400 m
	Corrección de longitud de pista de despegue por elevación (LDE)	$LD*(1+7\%*H/300)$	3,519 m
	Corrección por temperatura (LCT)	$LDE*(1+1\%*(TR-TA))$	3,913 m
	Corrección por pendiente longitudinal (LCP)	$LCT*(1+1\%*P)$	3,913 m
	Corrección de longitud de pista de aterrizaje por elevación (LAE)	$LA*(1+7\%*H/300)$	3,016 m
	Longitud efectiva de la pista		3,913 m

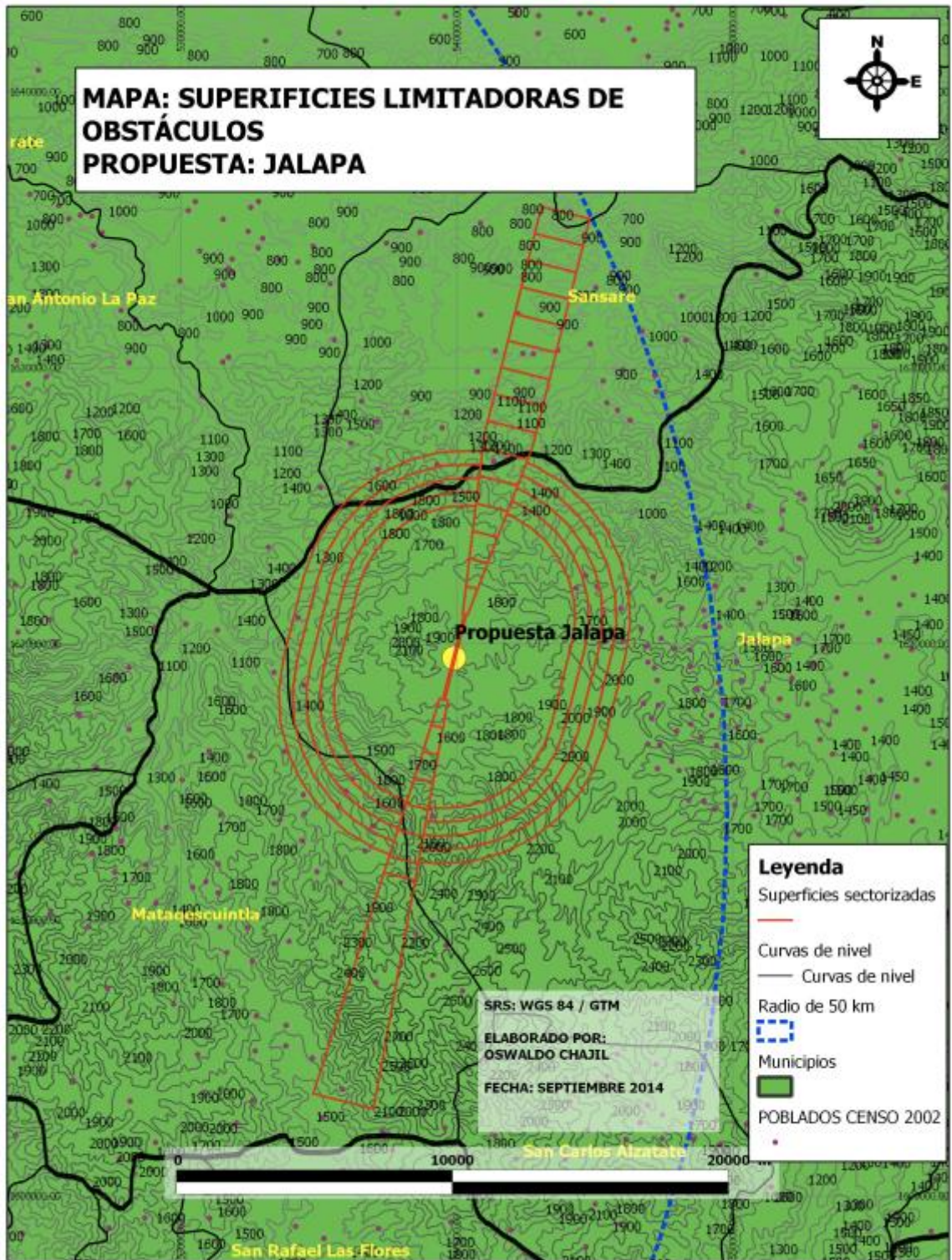
Fuente: Elaboración propia.

Figura 83. Ubicación propuesta en Barberena, Santa Rosa.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 84. Ubicación propuesta en Jalapa, Jalapa.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 80. Correcciones de longitud de pista para Jalapa, Jalapa.

Correcciones de longitud de pista básica			
5	Elevación del aeródromo (H)		1,800 m
	Temperatura de aeródromo (TR)		17 °C
	Temperatura según atmosfera tipo (TA)		6.15 °C
	Pendiente de la pista (P)		0.00%
	Longitud básica de pista (LD)		2,800 m
	Longitud de aterrizaje (LA)		2,400 m
	Corrección de longitud de pista de despegue por elevación (LDE)	$LD*(1+7%*H/300)$	3,976 m
	Corrección por temperatura (LCT)	$LDE*(1+1%*(TR-TA))$	4,397 m
	Corrección por pendiente longitudinal (LCP)	$LCT*(1+1%*P)$	4,397 m
	Corrección de longitud de pista de aterrizaje por elevación (LAE)	$LA*(1+7%*H/300)$	3,408 m
	Longitud efectiva de la pista		4,397 m

Fuente: Elaboración propia.

f. Anchura de la pista

Tabla 81. Anchura de pista.

Anchura de la pista		
6	Número de clave de referencia	4
	Letra de clave de referencia	E
	Anchura de pista	45 m

Fuente: Elaboración propia.

g. Pendientes de la pista

Tabla 82. Pendientes de la pista.

Pendientes de la pista		
7	Número de clave de referencia	4
	Letra de clave de referencia	E
	Pendiente longitudinal de pista	1.25%
	Pendiente transversal de pista	0.80%

Fuente: Elaboración propia.

h. Margen de la pista

Tabla 83. Dimensionamiento margen de la pista.

Margen de la pista		
8	Letra de clave de referencia	E
	Ancho total de la pista	60 m

Fuente: Elaboración propia.

i. Franjas de la pista

Tabla 84. Dimensionamiento de franjas de la pista.

Franjas de la pista		
9	Número de clave de referencia	4
	Letra de clave de referencia	E
	Longitud de franjas de pista	60 m
	Ancho de franjas de pista	150 m
	Pendiente longitudinal de pista	1.50%
	Pendiente transversal de pista	2.50%

Fuente: Elaboración propia.

j. Calles de rodaje

Tabla 85. Dimensionamiento de calles de rodaje.

Calles de rodaje		
10	Número de clave de referencia	4
	Letra de clave de referencia	E
	Pista de vuelo visual o por instrumentos	Por instrumentos
	Distancia libre entre rueda del avión y borde de calle	4.5 m
	Ancho de calles de rodaje	23 m
	Pendiente longitudinal de pista	1.5%
	Pendiente transversal de pista	1.5%
	Ancho total de calle de rodaje	44m

Fuente: Elaboración propia.

k. Calles de salida rápida

Tabla 86. Dimensionamiento de calles de salida rápida.

Calles de salida rápida		
11	Número de clave de referencia	4
	Radio de curva de viraje	550 m
	Velocidad de salida	93 km/h

Fuente: Elaboración propia.

l. Elección de radioayudas de navegación

Tabla 87. Radioayudas de navegación.

Elección de radioayudas de navegación		
12	Tipo de pista	Aproximación de precisión. Categoría I.
	Radioayudas de navegación	Se colocarán por lo menos ILS, VOR y DME que son los básicos. Si se pudiera invertir en otras radioayudas se evaluará más a detalle al hacer el estudio específico.

Fuente: Elaboración propia.

m. Puertas. Según el Plan Maestro de Transporte Aéreo y Aeropuertos Centroamericanos, los aeropuertos de la región con más puertas es El Salvador con 17. En la actualidad, el Aeropuerto la Aurora cuenta con 16 puertas por o que se decide dejar 16 puertas para el nuevo aeropuerto.

Tabla 88. Tipo y cantidad de puertas.

Puertas		
13	Envergadura del avión	59.6 m
	Fuselaje del avión	69.8 m
	Tipo de puerta	D
	Cantidad de puertas de aeronaves	16

Fuente: Elaboración propia.

n. Edificio terminal. Se hace un cálculo estimado del área total del edificio terminal. Sin embargo, al momento de hacer un análisis detallado de un aeródromo, se deben tomar en cuenta todos los espacios necesarios dentro de la terminal para brindarle los servicios necesarios a los pasajeros como baños, restaurantes, tiendas, etc.

Tabla 89. Dimensionamiento de edificio terminal.

Edificio terminal		
14	Tipo de aeropuerto (internacional o doméstico)	Internacional
	Cantidad de puertas de aeronaves	16 puertas
	Superficie total de la terminal	80,000 m ²

Fuente: Elaboración propia.

o. Margen de plataforma

Tabla 90. Margen de plataforma.

Margen de plataforma		
15	Letra de clave de referencia	4E
	Margen de plataforma	7.5 m

Fuente: Elaboración propia.

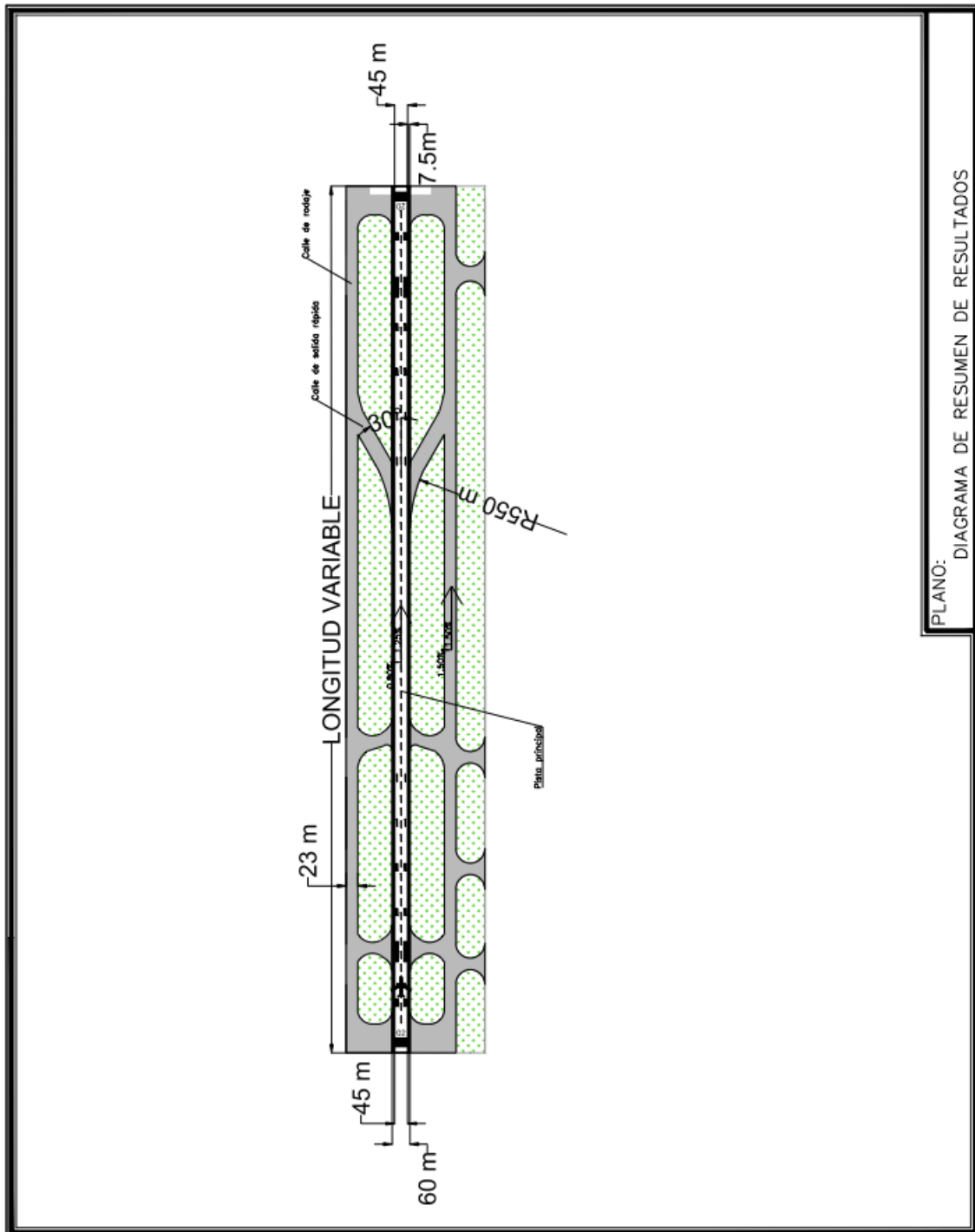
p. Configuración de plataforma. Con respecto a la demanda proyectada de embarques de pasajeros anuales de aproximadamente 2,000,000 de pasajeros, se tienen las opciones de tener plataformas finger, satelital y transporter. Debido a que no se puede hacer una inversión tan elevada, se descarta el concepto de transporter. Quedan las opciones de finger y satelital que tienen las mismas ventajas y desventajas. Aunque la satelital podría ser la mejor debido a que se podrían tener los servicios para pasajeros más centralizados por lo que sería menos gasto en ese aspecto.

Tabla 91. Configuración de plataforma.

Configuración de plataforma		
15	Demanda proyectada de embarques de pasajeros	4E
	Configuración de plataforma	Satelital

Fuente: Elaboración propia.

Figura 85. Diagrama de resumen de resultados



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 92. Resumen de parámetros

PARÁMETROS				
Requerimientos iniciales	1	Elección de aeronave crítica de diseño		
		Analizar demanda regional	✓	
		Realizar proyección de demanda en el sector analizado	✓	
	Aeronave crítica de diseño			
	2	Búsqueda de clave de referencia de aeródromo		
		Características de la aeronave crítica de diseño	Elementos de CRA	
Campo de referencia				
Envergadura				
Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal				
Clave de referencia de aeródromo				
Pistas	3	Componente transversal del viento		
		Longitud de campo de referencia del avión		
		Componente transversal del viento admisible		✓
	4	Longitud de pista		
		Longitud del recorrido de despegue requerido por aeronave crítica de diseño (LD)		
		Longitud de aterrizaje requerida por aeronave crítica de diseño (LA)		
	Longitud básica de la pista			
	5	Correcciones de longitud de pista básica		
		Elevación del aeródromo (H)		
		Temperatura de aeródromo (TR)		
		Temperatura según atmosfera tipo (TA)		
		Pendiente de la pista (P)		
		Corrección de longitud de pista de despegue por elevación (LDE)	$LD*(1+7%*H/300)$	
		Corrección por temperatura (LCT)	$LDE*(1+1%*(TR-TA))$	
		Corrección por pendiente longitudinal (LCP)	$LCT*(1+10%*P)$	
	Corrección de longitud de pista de aterrizaje por elevación (LAE)	$LA*(1+7%*H/300)$		
	Longitud efectiva de la pista			
	6	Anchura de la pista		
		Número de clave de referencia		
		Letra de clave de referencia		
Anchura de pista				

Continuación Tabla 92

Pistas	7	Pendientes de la pista	
		Número de clave de referencia	
		Letra de clave de referencia	
		Pendiente longitudinal de pista	
		Pendiente transversal de pista	
	8	Márgen de la pista	
		Letra de clave de referencia	
		Ancho total de la pista	
	9	Franjas de la pista	
		Número de clave de referencia	
		Letra de clave de referencia	
		Longitud de franjas de pista	
		Ancho de franjas de pista	
Pendiente longitudinal de pista			
Calles de rodaje	10	Calles de rodaje	
		Número de clave de referencia	
		Letra de clave de referencia	
		Pista de vuelo visual o por instrumentos	
		Distancia libre entre rueda del avión y borde de calle	
		Ancho de calles de rodaje	
		Pendiente longitudinal de pista	
		Pendiente transversal de pista	
Calles de salida rápida	11	Calles de salida rápida	
		Número de clave de referencia	
		Radio de curva de viraje	
		Velocidad de salida	
Radioayudas de navegación	12	Elección de radioayudas de navegación	
		Tipo de pista	
		Radioayudas de navegación	

Continuación Tabla 92

Terminal	13	Puertas	
		Envergadura del avión	
		Fuselaje del avión	
		Tipo de puerta	
		Cantidad de puertas de aeronaves	
	14	Edificio terminal	
		Tipo de aeropuerto (internacional o doméstico)	
		Cantidad de puertas de aeronaves	
		Superficie total de la terminal	
	15	Margen de plataforma	
		Letra de clave de referencia	
		Margen de plataforma	
	16	Configuración de plataforma	
		Embarque de pasajeros anuales estimado	
		Tipo de configuración de plataforma	

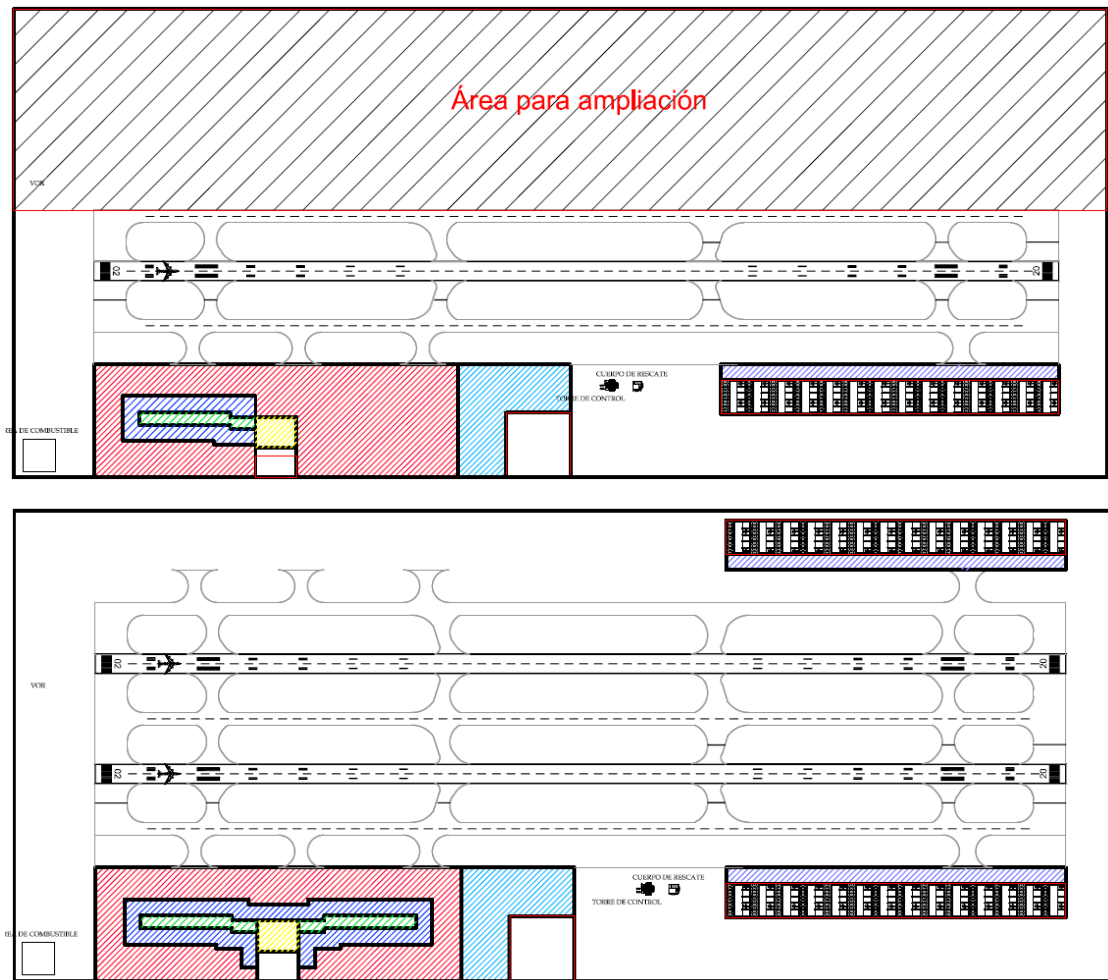
Fuente: Elaboración propia.

D. Integración de costos

1. Compra de la tierra. El precio de la tierra en Guatemala va a depender de diversos factores principiando con la ubicación, los accesos, recursos dentro de ella y otros. En el caso del presupuesto, se está asumiendo un precio de la tierra de \$3.00 debido a que se trata de una gran extensión de terreno comprendida por 4950000 m², es decir 11 caballerías. En el análisis se consideró la construcción de una pista con dos pistas de taxeo, se considera comprar una gran extensión de terreno debido a una posible ampliación futura que consistirá de mayor cantidad de área para hangares, otra pista activa y una pista de taxeo.

Además de contar con área para crecer en cantidad de pistas y áreas para hangares u otras actividades anexas a la terminal de pasajeros se tomó en cuenta área para aumentar el tamaño de la pista dentro del terreno cuenta con 150 metros en cada lado de la pista. Además esto facilitará el crecimiento del aeropuerto en el momento que sea necesario y disminuirá la futura inversión debido a que al situarse un aeropuerto vecino a esas tierras esto aumentará el costo de las mismas.

Figura 86. Diagrama de bloques propuesta inicial



Fuente: Elaboración propia

2. Fase de diseño. Esta fase incluye la administración, diseño y estudios que requiera el aeropuerto considerando un 5% del valor total del proyecto. Los estudios y diseños mínimos que se deben realizar son:

- Diseño arquitectónico
- Diseño estructural
- Diseño eléctrico
- Diseño hidráulico
- Diseño de pavimentos para pistas
- Diseño de aire acondicionado (en caso se requiera)
- Diseño de plantas de tratamiento
- Estudio de suelos
- Estudio de eficiencia energética
- Estudio de impacto ambiental
- Geofísica
- Topografía general

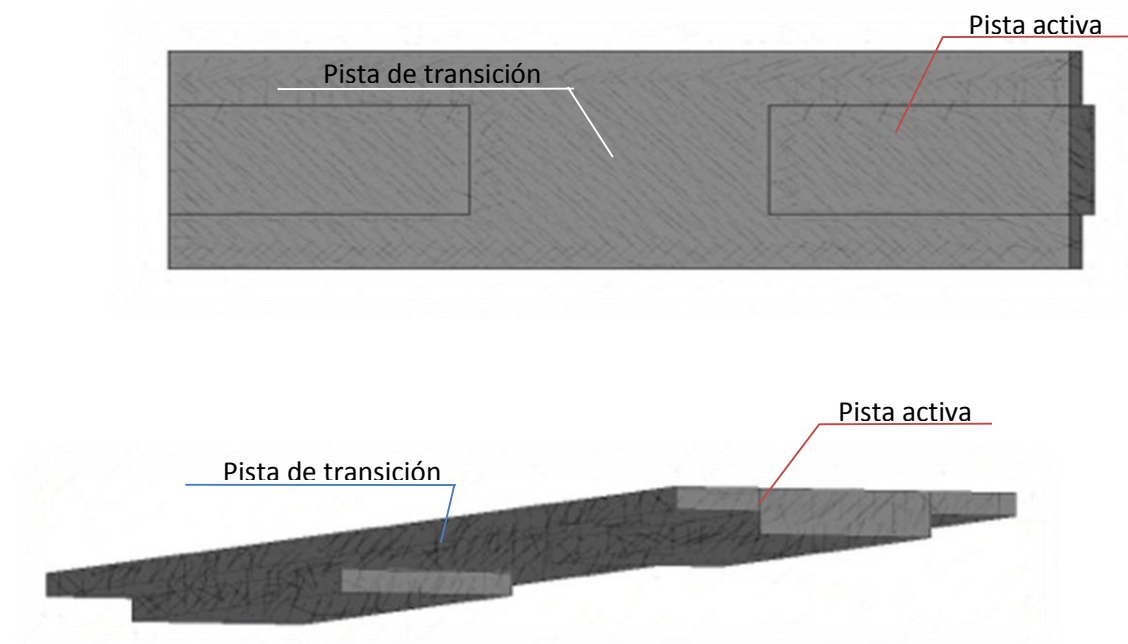
3. Licencias y permisos. Todas las obras que se ejecutan deben pagar una licencia de construcción la cual variará dependiendo del municipio en que se construya. Generalmente las municipalidades fijan precios de construcción y se paga un porcentaje del costo total de la obra el cual oscila entre 3 y 4%. En algunos casos el gobierno puede exonerarla y se puede considerar un ahorro. Además se tomó en cuenta un 10% de permisos varios en caso sea necesario algún pago extra o complicaciones con los vecinos. Además se está contemplando un 1% para la reforestación y medidas de mitigación que se apliquen en el proyecto.

4. Trabajos preliminares. Entre los trabajos preliminares está la limpieza de la totalidad del terreno además de la colocación de un muro de block de 3 metros de altura. El muro perimetral se coloca a esta altura debido a la importancia de la seguridad del complejo aeroportuario.

5. Pistas:

a. Pista activa. Para realizar la integración de costos de la pista activa del aeropuerto, primero es necesario comprender cómo funciona la misma. La pista tiene dos zonas de contacto, las cuales se denominan en el siguiente trabajo como “Pista Activa”; este sitio es donde los aviones aterrizan y por consecuencia se convierten son los puntos críticos de la misma. Al resto de la pista que es básicamente donde el avión se traslada y disminuye o aumenta su velocidad, dependiendo de la operación que se va a realizar se denomina pista de transición. La pista de transición recibe una menor carga que la pista activa por lo que su dimensionamiento es diferente.

Figura 87. Pista activa y pista de transición



Fuente: Elaboración propia

Tabla 93. Dimensiones de la pista de aterrizaje

Largo	4,000	m
Ancho	60	m

Pista Activa	80,000	m ²
Pista de Transición	160,000	m ²
TOTAL	180,000	m²

Fuente: Elaboración propia

Tabla 94. Espesor de capas de la pista activa

Pavimento de concreto	0.80	m
Base	1.00	m
Sub base	0.60	m
H_{TOTAL}	2.40	m

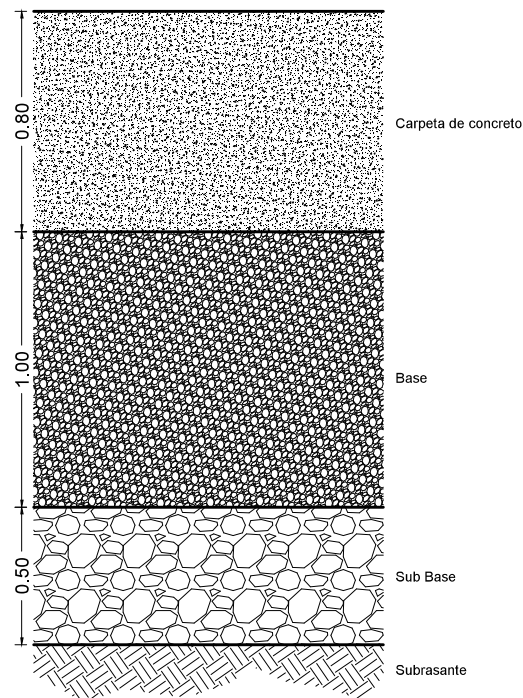
Fuente: Elaboración propia

Tabla 95. Espesor de capas de la pista de transición

Pavimento de concreto	0.40	m
Base	0.60	m
Sub base	0.40	m
H_{TOTAL}	1.40	m

Fuente: Elaboración propia

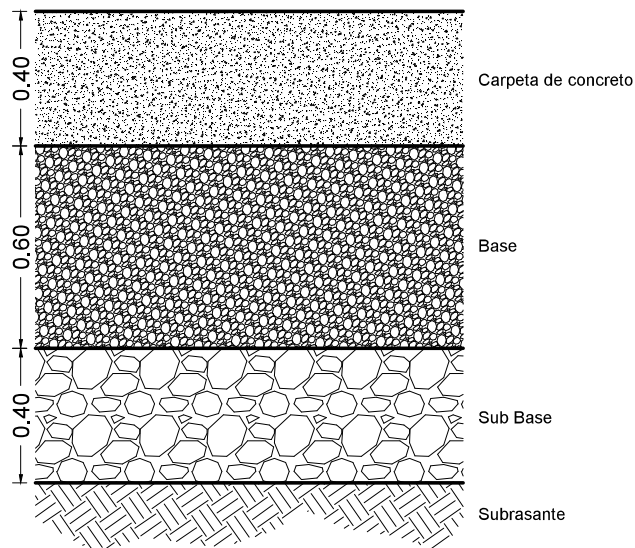
Figura 88. Perfil Pista activa



Fuente: Elaboración propia

El espesor y dimensionamiento de la pista de aterrizaje va a depender de diferentes factores, desde la capacidad soporte del terreno hasta los dimensionamientos y pesos máximos de las aeronaves previstas a aterrizar en la misma. Para poder realizar el costeo, se consultó con expertos en el tema las dimensiones del espesor de las diferentes capas, sub base, base y carpeta de concreto, los cuales difieren para las diferentes pistas y plataformas. El presupuesto se realizó considerando una carpeta de concreto debido a las ventajas a largo plazo de los pavimentos de rígidos con un menor mantenimiento, lo que conlleva a tener un menor costo a largo plazo, además de su alta resistencia, durabilidad y rigidez.

Figura 89. Perfil Pista de transición

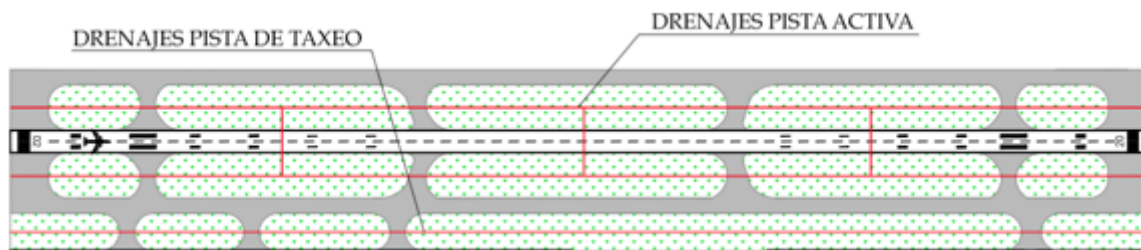


Fuente: Elaboración propia

En la consideración del costo de la pista, como rubros principales también se deben tomar en cuenta los drenajes. En el caso de este costeo, se asumió el dimensionamiento de los mismos, el cual consta para la pista de aterrizaje de un ducto de concreto de 3 x 3 metros y se encuentra localizado a ambos lados de la pista y la atraviesa perpendicularmente en tres puntos.

Para las pistas de taxi, únicamente se considera una línea de drenajes ya que una dreña hacia el drenaje de la pista activa y la otra una parte hacia su propio drenaje y otra hacia el de la pista de aterrizaje como se puede observar a continuación:

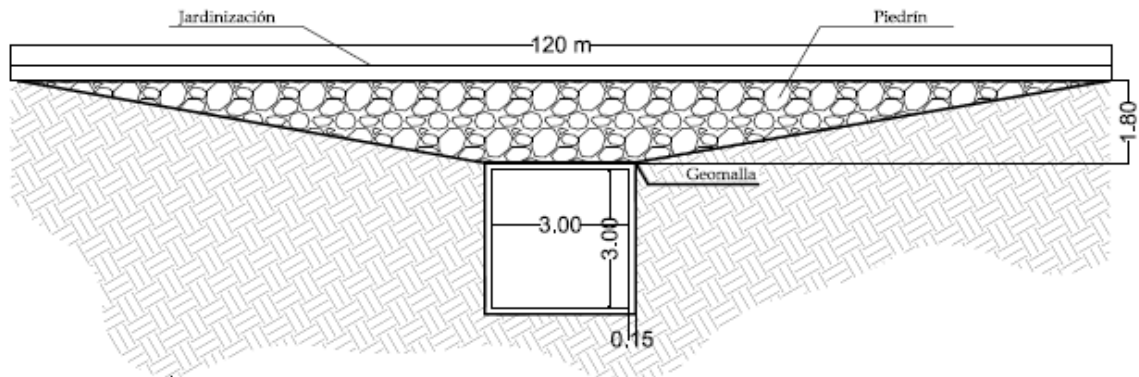
Figura 90. Distribución de red de drenajes



Fuente: Elaboración propia

La constitución del drenaje de la pista activa consta de un ducto de concreto perforado a una profundidad de 1.80 metros, cubierto con geomalla para evitar el ingreso de los finos y recubierto con piedrín y jardinización.

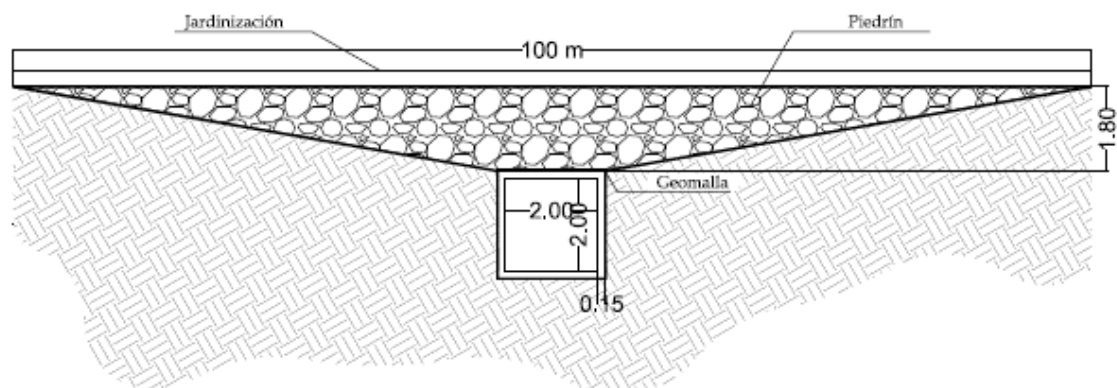
Figura 91. Detalle de drenajes pista activa



Fuente: Elaboración propia

Para el costeo de las instalaciones de drenaje de la pista de taxi se utilizó la misma metodología pero con una menor área. Este dimensionamiento variará dependiendo de la cantidad de lluvia del sitio donde se localice el aeropuerto pero da una idea del costo de este tipo de instalaciones en los aeródromos.

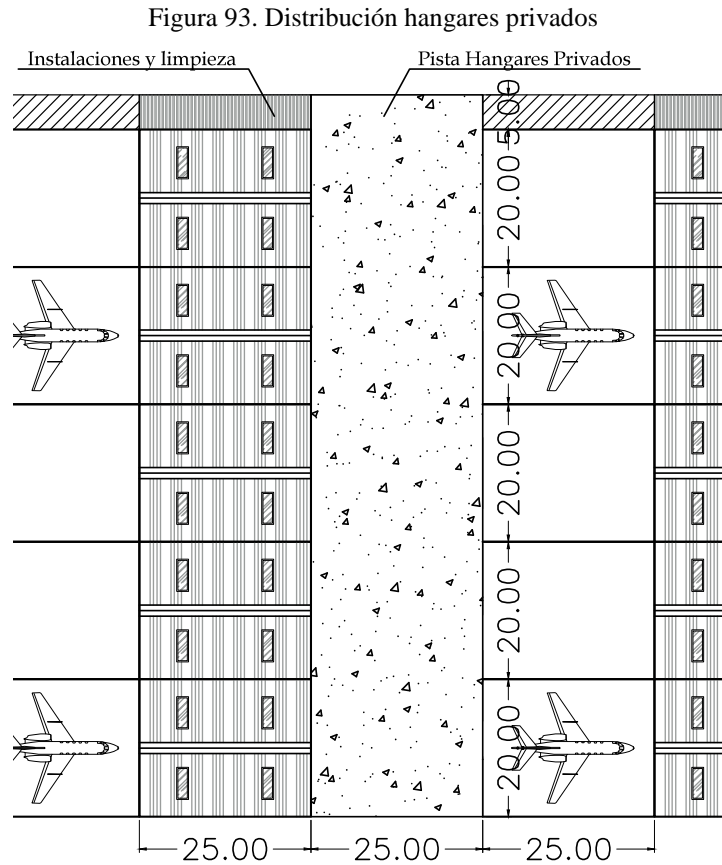
Figura 92. Detalle de drenajes pista de taxi



Fuente: Elaboración propia

Además, se tomó en cuenta la iluminación de la pista, luces de aproximación y la señalización horizontal con pintura para tráfico específicamente para la utilización en pistas.

b. Pista para hangares privados. En las pistas para hangares privados, únicamente transitarán de aviones pequeña envergadura y por consecuencia de menor peso ya que generalmente se utilizan para la aviación civil o privada. Para el cálculo del costo, se diseñó una distribución de hangares, la cual consta de 10 hangares repartidos en dos filas de cinco separados por una pista. Además se incluye un área para instalaciones y limpieza de 5 metros x 20 metros.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 96. Dimensionamiento de la pista de hangares privados

Dimensiones de los hangares

Largo	25	m
Ancho	20	m
Cantidad	10	unidades

Dimensiones de la pista

Largo	105	m
Ancho	25	m
ÁREA TOTAL	2,625	m ²

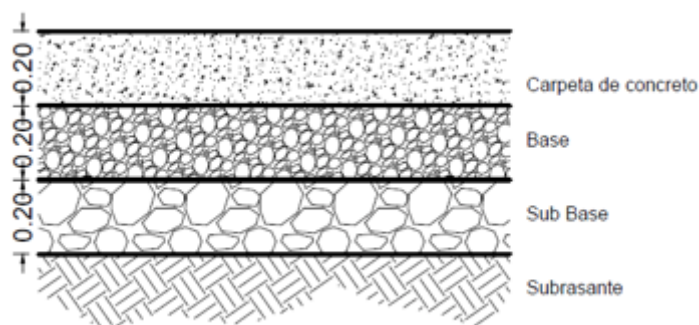
Fuente: Elaboración propia

Tabla 97. Espesor de las capas de la pista de hangares privados

Pavimento de concreto	0.20	m
Base	0.20	m
Sub base	0.20	m
H_{TOTAL}	0.60	m

Fuente: Elaboración propia

Figura 94. Perfil pista hangares privados



Fuente: Elaboración propia

El área que muestra esta cuantificación es para un complejo de 10 hangares, en el caso de la pista se cuantificaron 14 complejos de 10 hangares de 20 x 25 metros para diversidad de aviones privados. El precio de las instalaciones para los hangares dependerá de la distribución de los mismos.

c. Plataformas. Para las plataformas se consideró el mismo perfil de subbase, base y carpeta de concreto que las pistas para los hangares privados. Este rubro incluye las plataformas para estacionamientos de aeronaves, plataformas de la terminal, plataformas de carga y de hangares. Las plataformas se encuentran en todo el complejo aeroportuario y su tamaño y áreas dependerán del diseño y del tipo de aviones que transitarán en ella. Para dimensionarlas se tomó una distancia en donde fácilmente pudieran pasar dos aviones al mismo tiempo.

d. Instrumentación. Se consideró entre la instrumentación con un (VOR), (DME) y un (ILS). El Very High Frequency Omnidirectional Range (VOR): Es un sistema de radioayudas para los aviones que le da al piloto una indicación directa de la dirección relativa del aeropuerto. El Instrument Landing System (ILS) proporciona a los pilotos una guía para la alineación de las aeronaves, las pendientes de descenso y la posición de la misma hasta que se tenga contacto visual con las plataformas y su ubicación. Las estaciones VOR se pueden complementar con un Distance Measuring Equipment (DME), y este puede instalarse como una ayuda auxiliar al ILS. El DME suministra al piloto una medida de distancia de la aeronave hasta el instrumento.

e. Terminal de pasajeros. La terminal de pasajeros y el edificio de puertas de embarque son dos estructuras indispensables para los aeropuertos. Para la construcción de la terminal se consideró un precio por la estructura del edificio de \$400.00. Este complejo puede variar con la cantidad que se esté dispuesto a invertir en acabados interiores y exteriores. Se consideran las instalaciones eléctricas, hidrosanitarias, especiales y aire acondicionado además del equipo contra incendios. Como equipamiento, se incluye equipamiento de seguridad y carga para equipajes y el sistema de rayos X.

Toda estructura debe contar con equipo de soporte como lo son pozos, plantas de emergencia, elevadores y gradas eléctricas. Se está considerando 1 planta eléctrica para cada dos puertas de embarque debido a la cantidad de tráfico que manejará el aeropuerto. Además se consideran cuatro pozos y la planta de emergencia con transferencia automática.

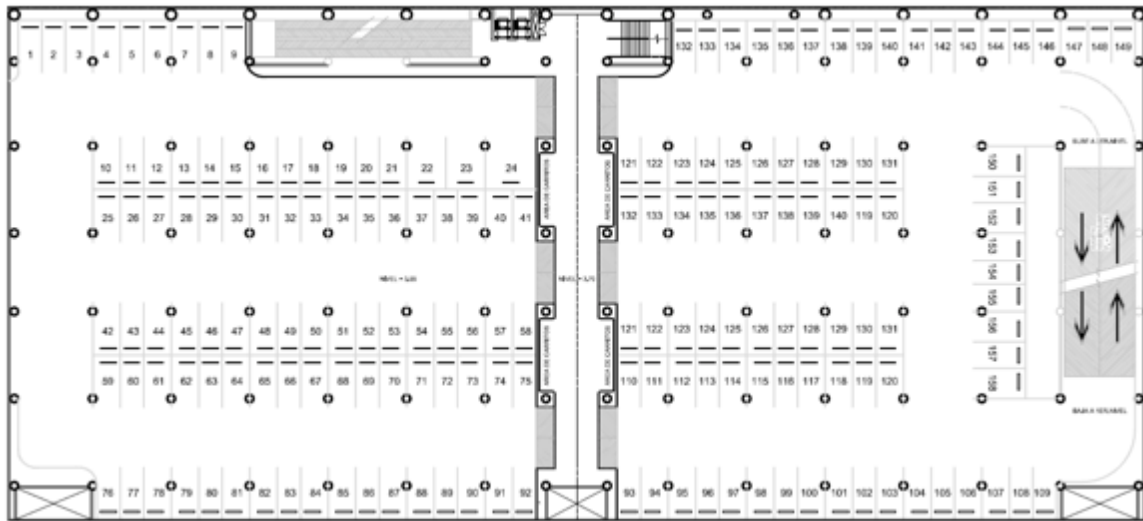
Actualmente La Aurora consta de 4 niveles y un sótano. En el sótano se encuentra el área de equipajes y bodegas para Duty Free, en el primer nivel se encuentra el área de llegada de los pasajeros, bodegas y oficinas para la administración y para líneas aéreas. El segundo nivel se encuentra el área de migración, oficinas de la gerencia aeroportuaria y comercios. En este nivel los pasajeros se conectan con las puertas de embarque en donde se encuentran comercios y gates. En el tercer nivel se encuentra el ingreso al aeropuerto donde están todos los counters de las líneas aéreas y por último en el cuarto nivel se encuentran oficinas de las líneas aéreas y restaurantes.

f. Puertas de embarque. Esta estructura se tomó en cuenta como una estructura aparte para el costo de la terminal aérea. Aquí es donde los pasajeros se conectan directamente con el avión que los llevará a su destino final. En este sector de la terminal se encuentran los comercios libres de impuestos y las salas para esperar la salida del avión. En el caso de Guatemala, esta se divide en dos niveles, en nivel dos y tres de la terminal aérea. En el nivel dos se encuentra el área de salida de aeronaves y por el nivel 3 es la llegada de los pasajeros. Este costo también puede disminuir o aumentar dependiendo de los acabados que se consideren.

El costo de las pasarelas telescópicas es de \$1,000,000 cada una por lo que es una de las mayores inversiones del área.

g. Edificio de parqueos. La distribución de los estacionamientos en el edificio de parqueos de un aeropuerto es diferentes a lo que son en un edificio de oficinas, apartamentos o centros comerciales. Este edificio debe contar con estacionamientos más amplios, rampas tanto para carros como para personas que deseen subir con su equipaje, áreas para carritos y amplios elevadores. Las medidas generales para parqueos son de 2.50 metros por 5.00 metros y el caso del Aeropuerto La Aurora, estos cuentan con dimensiones de entre 2.70 hasta 3.15 metros de ancho y de 6 metros de longitud.

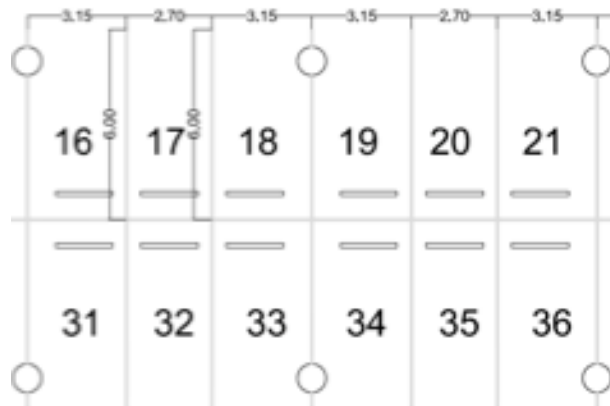
Figura 95. Distribución edificio de estacionamientos Aeropuerto Internacional La Aurora



Fuente: DGAC

Se determinó que en el segundo nivel del edificio de estacionamientos de La Aurora hay 158 estacionamientos. Para determinar el área que ocupa cada estacionamiento se dividió el área total dentro del número de parqueos que hay teniendo como resultado de 48.65 m²/estacionamiento.

Figura 96. Dimensiones de los parqueos del Aeropuerto Internacional La Aurora



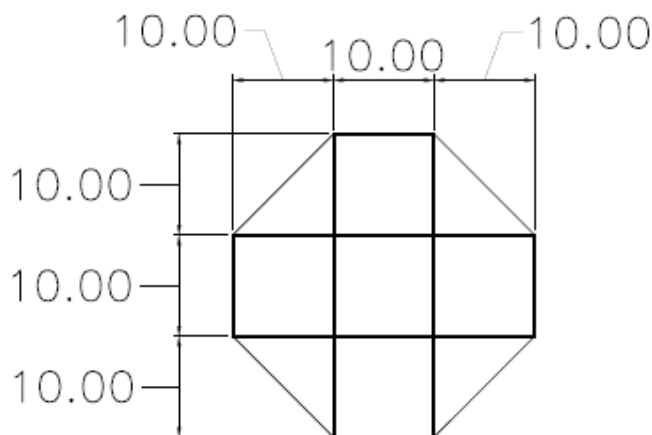
Fuente: DGAC

Los estacionamientos pueden construirse de dos diferentes formas, entre estas están los estacionamientos en la calle que son los más económicos y son gratuitos o controlados por parquímetros y la segunda forma son áreas destinadas para el estacionamiento de vehículos. Estos pueden ser estacionamientos superficiales, los cuales utilizan una mayor área y al mismo tiempo requieren de una menor inversión. También pueden ser edificios de estacionamientos, los cuales son una solución con un mayor costo pero es muy funcional y finalmente los estacionamientos subterráneos que son la solución más costosa de todas y puede ser utilizada cuando se tiene un área limitada.

En los aeropuertos, la cantidad de estacionamientos se define dependiendo de la cantidad de pasajeros que circulen en el mismo. Según el plan maestro de transporte aéreo y aeropuertos SIECA, esta se puede delimitar 1.5 veces el número de pasajeros en hora pico en caso se tenga el dato o 1200 vehículos por cada millón de pasajeros anual y cada estacionamiento debe tener un área de 31.5 a 36.0 m². El área siempre dependerá de la distribución, en el caso de la aurora esta es mucho mayor. En este caso se consideró el costo de la construcción de un edificio de parqueos con las dimensiones del plan maestro.

h. Torre de control. Esta es indispensable para el funcionamiento de un aeropuerto de carácter internacional con un alto tránsito de carga y pasajeros. La torre de control debe estar situada en una posición donde pueda observar toda la pista, debido a que es la que se encarga de los despegues y aterrizajes. Esta consiste de 12 niveles y el último es un octágono con vista de 360°.

Figura 97. Dibujo esquemático de Torre de Control



Fuente: Elaboración propia

i. Cuerpo de rescate. Este es indispensable para el complejo aeroportuario y debe tener accesibilidad a la pista en caso de cualquier accidente o emergencia. Se consideró como una estructura de 25m x 25m situada a un lado de la torre de control. Se considera el equipamiento especial que debe tener el mismo para reaccionar en cualquier momento. Con respecto a los acabados, son mínimos.

Al momento de realizar un presupuesto, existen diversos factores que pueden afectar a los costos del mismo. Debido a que el proyecto de un aeropuerto internacional es de grandes dimensiones, se determinó el costo del mismo según los criterios antes mencionados, los cuales pueden ser observados en la siguiente tabla:

Tabla 98. Integración de costos Aeropuerto Internacional

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo directo	Costo Directo total	Costo Directo	Subtotal	Costo directo total	Índice / m ²
1.000	Terreno					Q 115,830,000			\$ 14,850,000	\$ 3
1.010	Valor de la tierra	m ²	4,950,000	Q 23	Q 115,830,000		\$ 14,850,000	\$ 14,850,000		
2.000	Fase de diseño					Q 178,931,181			\$ 22,939,895	\$ 4
2.010	Administración, estudios, análisis y planificación	%	5%	Q3,578,623,610	Q 178,931,181		\$ 22,939,894	\$ 22,939,895		
3.000	Licencias y permisos					Q 134,176,643			\$ 17,202,134	\$ 3
3.010	Licencia de construcción	%	3.00%	Q3,578,623,610	Q 107,358,708		\$ 13,763,937	\$ 17,202,134		
3.020	Costo medio ambiente	%	0.50%	Q4,290,000,000	Q 21,450,000		\$ 2,750,000			
3.030	Permisos Varios	%	5%	Q 107,358,708	Q 5,367,935		\$ 688,197			
4.000	Trabajos preliminares					Q1,112,562,640			\$142,636,236	\$ 29
4.010	Limpieza del terreno	m ²	4,950,000	Q 20	Q 99,000,000		\$ 12,692,308	\$ 142,636,236		
4.020	Movimiento de tierras	s.g.	1	Q1,000,000,000	Q1,000,000,000		\$128,205,128			
4.030	Muro perimetral	ml	28,980	Q 468	Q 13,562,640		\$ 1,738,800			
5.000	Pista active					Q 998,314,834			\$127,989,081	\$ 533
5.010	Pista active							\$ 66,088,164		
5.011	Corte de cajuela	m ³	432,000	Q 106	Q 45,757,440		\$ 5,866,338			
5.012	Tratamiento de subrasante	m ²	240,000	Q 18	Q 4,230,720		\$ 542,400			
5.013	Sub base	m ³	112,000	Q 264	Q 29,540,000		\$ 3,787,179			
5.014	Base	m ³	176,000	Q 348	Q 61,269,120		\$ 7,855,015			
5.015	Imprimación	m ²	240,000	Q 61	Q 14,690,400		\$ 1,883,384			
5.016	Pavimento de concreto	m ³	144,000	Q 2,500	Q 360,000,000		\$ 46,153,846			
5.020	Drenajes pista activa							\$ 51,584,199		
5.021	Excavación	m ³	1,076,746	Q 106	Q 114,048,894		\$ 14,621,653			
5.022	Fundición de caja	m ³	16,128	Q 2,850	Q 45,964,800		\$ 5,892,923			

Continuación Tabla 98.

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo directo	Costo Directo total	Costo Directo	Subtotal	Costo directo total	Índice / m ²
5.023	Piedrín	m ³	991,872	Q 225	Q 223,171,200		\$ 28,611,692			
5.024	Geotextil	m ²	26,880	Q 40	Q 1,075,200		\$ 137,846			
5.025	Jardinización	m ²	603,222	Q 30	Q 18,096,660		\$ 2,320,085			
5.030	Iluminación pista activa							\$ 10,172,000		
5.031	Iluminación pista active	s.g.	8,000	Q 9,360	Q 74,880,000		\$ 9,600,000			
5.032	Luces de aproximación	cabecera	2	Q 2,230,800	Q 4,461,600		\$ 572,000			
5.040	Señalización							\$ 144,718		
5.041	Señalización horizontal en pista	m ²	16,600	Q 68	Q 1,128,800		\$ 144,718			
6.000	Pista de taxeo					Q 514,176,760			\$ 65,920,097	\$ 221
7.010	Pista de taxeo							\$ 39,201,668		
7.011	Corte de cajuela	m ³	283,999	Q 106	Q 30,081,194		\$ 3,856,564			
7.012	Tratamiento de subrasante	m ²	298,947	Q 18	Q 5,269,830		\$ 675,619			
7.013	Sub base	m ³	89,684	Q 264	Q 23,654,147		\$ 3,032,582			
7.014	Base	m ³	119,579	Q 348	Q 41,627,712		\$ 5,336,886			
7.015	Imprimación	m ²	298,947	Q 61	Q 18,298,519		\$ 2,345,964			
7.016	Pavimento de concreto	m ³	74,737	Q 2,500	Q 186,841,604		\$ 23,954,052			
7.020	Drenajes pista de taxeo							\$ 18,698,596		
7.021	Excavación	m ³	387,090	Q 106	Q 41,000,573		\$ 5,256,484			
7.022	Fundición de caja	m ³	4,800	Q 2,850	Q 13,680,000		\$ 1,753,846			
7.023	Piedrín	m ³	367,200	Q 225	Q 82,620,000		\$ 10,592,308			
7.024	Geotextil	m ²	8,000	Q 40	Q 320,000		\$ 41,026			
7.025	Jardinización	m ²	274,283	Q 30	Q 8,228,475		\$ 1,054,933			
7.030	Iluminación pista de taxeo							\$ 8,000,000		
7.031	Iluminación pista de taxeo	s.g.	16,000	Q 3,900	Q 62,400,000		\$ 8,000,000			

Continuación Tabla 98.

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo directo	Costo Directo total	Costo Directo	Subtotal	Costo directo total	Índice / m ²
7.040	Señalización							\$ 19,833		
7.036	Señalización horizontal en pista	m ²	2,275	Q 68	Q 154,700		\$ 19,833			
7.000	Instrumentación					Q 117,000,000			\$ 15,000,000	\$ 3
7.001	VOR, DME e ILS	unidad	1	Q 117,000,000.00	Q 117,000,000		\$ 15,000,000	\$ 15,000,000		
8.000	Plataformas					Q 515,233,109			\$ 66,055,527	\$ 134
8.010	Plataforma Estacionamiento							\$ 5,900,114		
8.011	Corte de cajuela	m ³	42,744	Q 106	Q 4,527,422		\$ 580,439			
8.012	Tratamiento de subrasante	m ²	44,993	Q 18	Q 793,145		\$ 101,685			
8.013	Sub base	m ³	13,498	Q 264	Q 3,560,108		\$ 456,424			
8.014	Base	m ³	17,997	Q 348	Q 6,265,249		\$ 803,237			
8.015	Imprimación	m ²	44,993	Q 61	Q 2,754,050		\$ 353,083			
8.016	Pavimento de concreto	m ³	11,248	Q 2,500	Q 28,120,913		\$ 3,605,245			
8.020	Plataforma Terminal							\$ 41,090,189		
8.021	Corte de cajuela	m ³	297,681	Q 106	Q 31,530,346		\$ 4,042,352			
8.022	Tratamiento de subrasante	m ²	313,348	Q 18	Q 5,523,702		\$ 708,167			
8.023	Sub base	m ³	94,004	Q 264	Q 24,793,674		\$ 3,178,676			
8.024	Base	m ³	125,339	Q 348	Q 43,633,106		\$ 5,593,988			
8.025	Imprimación	m ²	313,348	Q 61	Q 19,180,041		\$ 2,458,980			
8.026	Pavimento de concreto	m ³	78,337	Q 2,500	Q 195,842,606		\$ 25,108,026			
8.030	Plataforma de carga							\$ 10,818,447		
8.031	Corte de cajuela	m ³	78,375	Q 106	Q 8,301,480		\$ 1,064,292			
8.032	Tratamiento de subrasante	m ²	82,500	Q 18	Q 1,454,310		\$ 186,450			
8.033	Sub base	m ³	24,750	Q 264	Q 6,527,813		\$ 836,899			
8.034	Base	m ³	33,000	Q 348	Q 11,487,960		\$ 1,472,815			

Continuación Tabla 98.

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo directo	Costo Directo total	Costo Directo	Subtotal	Costo directo total	Índice / m ²
8.035	Imprimación	m ²	82,500	Q 61	Q 5,049,825		\$ 647,413			
8.036	Pavimento de concreto	m ³	20,625	Q 2,500	Q 51,562,500		\$ 6,610,577			
8.040	Plataforma Hangares							\$ 6,746,777		
8.041	Corte de cajuela	m ³	48,878	Q 106	Q 5,177,105		\$ 663,731			
8.042	Tratamiento de subrasante	m ²	51,450	Q 18	Q 906,961		\$ 116,277			
8.043	Sub base	m ³	15,435	Q 264	Q 4,070,981		\$ 521,921			
8.044	Base	m ³	20,580	Q 348	Q 7,164,3010		\$ 918,501			
8.045	Imprimación	m ²	51,450	Q 61	Q 3,149,255		\$ 403,751			
8.046	Pavimento de concreto	m ³	12,863	Q 2,500	Q 32,156,250		\$ 4,122,596			
8.020	Iluminación							\$ 1,500,000		
8.021	Iluminación plataforma	ml	3,000	Q 3,900	Q 11,700,000		\$ 1,500,000			
8.030	Señalización							\$		
8.031	Señalización	m ²	-	Q 68	Q -		\$ -			
9.000	Instalaciones hangares privados					Q 50,572,865			\$ 6,483,701	\$ 59
9.010	Urbanización							\$ 3,603,215		
9.011	Corte de cajuela	m ³	22,050	Q 106	Q 2,335,536		\$ 299,428			
9.012	Tratamiento de subrasante	m ²	36,750	Q 18	Q 647,829		\$ 83,055			
9.013	Sub base	m ³	7,350	Q 264	Q 1,938,563		\$ 248,534			
9.014	Base	m ³	7,350	Q 348	Q 2,558,682		\$ 328,036			
9.015	Imprimación	m ²	36,750	Q 61	Q 2,249,468		\$ 288,393			
9.016	Pavimento de concreto	m ³	7,350	Q 2,500	Q 18,375,000		\$ 2,355,769			
9.020	Drenajes							\$ 2,712,486		
9.021	Excavación	m ³	38,768	Q 106	Q 4,106,335		\$ 526,453			
9.022	Fundición de caja	m ³	544	Q 2,500	Q 1,361,220		\$ 174,515			

Continuación Tabla 98.

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo directo	Costo Directo total	Costo Directo	Subtotal	Costo directo total	Índice / m ²
9.023	Rejilla	ml	2,940	Q 300	Q 882,000		\$ 113,077			
9.024	Tubería de 24"	ml	1,470	Q 833	Q 1,225,000		\$ 157,051			
9.025	Tubería de 6"	ml	1,012	Q 233	Q 236,180		\$ 30,279			
9.026	Relleno	m ²	38,339	Q 348	Q 13,346,653		\$ 1,711,109			
9.030	Iluminación							\$ 168,000		
9.031	Postes y luminarias	unidad	28	Q 46,800	Q 1,310,400		\$ 168,000			
9.040	Señalización							\$ -		
9.041	Señalización	m ²	-	Q 68	Q -		\$ -			
10.000	Terminal de pasajeros					Q 758,781,192			\$ 97,279,640	\$2,018
10.010	Estructura	m ²	48,216	Q 3,120	Q 150,433,920		\$ 19,286,400			
10.020	Acabados							\$ 53,760,840		
10.021	Acabados varios	m ²	48,216	Q 3,900	Q 188,042,400		\$ 24,108,000			
10.022	Acabados exteriores	m ²	48,216	Q 3,120	Q 150,433,920		\$ 19,286,400			
10.030	Instalaciones hangares privados						\$ -			
10.032	Instalaciones eléctricas	m ²	48,216	Q 468	Q 22,565,088		\$ 2,892,960			
10.033	Instalaciones hidrosanitarias	m ³	48,216	Q 429	Q 20,684,664		\$ 2,651,880			
10.034	Instalaciones especiales	m ⁴	48,216	Q 780	Q 37,608,480		\$ 4,821,600			
10.030	Equipamiento							\$ 21,232,400		
10.031	Equipamiento especial (seguridad y equipo de carga)	s.g.	1	Q 39,000,000	Q 39,000,000		\$ 5,000,000			
10.032	Sistemas de rayos X para carga y pasajeros	s.g.	1	Q 70,200,000	Q 70,200,000		\$ 9,000,000			
10.033	Aire Acondicionado	m ²	48,216	Q 1,170	Q 56,412,720		\$ 7,232,400			
10.040	Equipo de soporte									
10.041	Planta de tratamiento	unidad	8	Q 780,000	Q 6,240,000		\$ 800,000			
10.042	Pozo	s.g.	4	Q 1,170,000	Q 4,680,000		\$ 600,000			

Continuación Tabla 98.

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo directo	Costo Directo total	Costo Directo	Subtotal	Costo directo total	Índice / m ²
10.043	Planta de emergencia	s.g.	1	Q 7,800,000	Q 7,800,000		\$ 1,000,000			
10.044	Elevadores	unidad	6	Q 780,000	Q 1,560,000		\$ 200,000			
10.045	Gradas eléctricas	unidad	6	Q 60,000	Q 1,560,000		\$ 200,000			
10.046	Equipo contra incendios	m ²	48,216	Q 468	Q 1,560,000		\$ 200,000			
11.000	Puertas de embarque					Q 414,336,000			\$ 53,120,000	\$2,075
11.011	Estructura	m ²	25,600	Q 3,510	Q 89,856,000		\$ 11,520,000			
11.012	Acabados interiores	m ²	25,600	Q 3,900	Q 99,840,000		\$ 12,800,000			
11.013	Acabados Exteriores	m ²	25,600	Q 3,900	Q 99,840,000		\$ 12,800,000			
11.014	Gates	unidad	16	Q 7,800,000	Q 124,800,000		\$ 16,000,000			
12.000	Edificio de parqueos					Q 148,013,600			\$ 18,976,103	\$ 293
12.011	Obra Gris	m ²	64,800	Q 1,560	Q 101,088,000		\$ 12,960,000			
12.012	Instalaciones	m ²	64,800	Q 390	Q 25,272,000		\$ 3,240,000			
12.013	Señalización y acabados	m ²	64,800	Q 312	Q 20,217,600		\$ 2,592,000			
12.014	Garitas y talanqueras electrónicas	unidad	5	Q 100,000	Q 500,000		\$ 64,102			
12.015	Elevadores	unidad	2	Q 468,000	Q 936,000		\$ 120,000			
13.000	Torre de Control					Q 55,614,000			\$ 7,130,000	\$1,150
13.011	Estructura	m ²	6,200	Q 3,510	Q 21,762,000		\$ 2,790,000			
13.012	Acabados	m ²	6,200	Q 1,560	Q 9,672,000		\$ 1,240,000			
13.013	Equipamiento especial	m ²	6,200	Q 3,900	Q 24,180,000		\$ 3,100,000			
14.000	Cuerpo de rescate					Q 6,581,250			\$ 843,750	\$1,350
14.011	Estructura	m ²	625	Q 1,950	Q 1,218,750		\$ 156,250			
14.012	Acabados	m ²	625	Q 780	Q 487,500		\$ 62,500			
14.013	Equipamiento especial	m ²	625	Q 7,800	Q 4,875,000		\$ 625,000			
					TOTAL (GTQ)	5,120,124,075		TOTAL (US\$)	656,426,164	

Fuente: Elaboración propia con costos típicos de construcción en Guatemala según promedios en obras ejecutadas.

E. Análisis financiero.

Para realizar el análisis financiero se utilizaron los costos anteriormente listados más un 10% de imprevistos resumido en el siguiente cuadro:

Tabla 99. Cuadro de resumen Inversión Inicial Análisis Financiero

SUPUESTOS	Tamaño m ²	Costo m ²	Total Inversión	Cambio	
				70%	30%
INVERSIÓN INICIAL				Deuda	Aporte
Fase de diseño, planificación y estudios	4,950,000	\$ 4.63	\$ 22,918,500	\$ 16,042,950	\$ 6,875,550
Licencia de Construcción y permisos varios	4,950,000	\$ 3.48	\$ 17,226,000	\$ 12,058,200	\$ 5,167,800
Trabajos preliminares	4,950,000	\$ 28.82	\$ 142,659,000	\$ 99,861,300	\$ 42,797,700
Pista Activa	240,000	\$ 533.29	\$ 127,989,600	\$ 89,592,720	\$ 38,396,880
Pistas de taxeo	474,353	\$ 220.51	\$ 104,599,540	\$ 73,219,678	\$ 31,379,862
Instrumentación	4,950,000	\$ 3.03	\$ 14,998,500	\$ 10,498,950	\$ 4,499,550
Plataformas	492,292	\$ 134.18	\$ 66,055,691	\$ 46,238,984	\$ 19,816,707
Instalaciones Hangares privados	110,250	\$ 58.81	\$ 6,483,803	\$ 4,538,662	\$ 1,945,141
Terminal de pasajeros	48,216	\$ 2,017.58	\$ 97,279,640	\$ 68,095,748	\$ 29,183,892
Puertas de embarque	25,600	\$ 2,075.00	\$ 53,120,000	\$ 37,184,000	\$ 15,936,000
Edificio de parqueos	64,800	\$ 292.84	\$ 18,976,103	\$ 13,283,272	\$ 5,692,831
Torre de control	6,200	\$ 1,150.00	\$ 7,130,000	\$ 4,991,000	\$ 2,139,000
Cuerpo de rescate	625	\$ 1,350.00	\$ 843,750	\$ 590,625	\$ 253,125
Imprevistos (10%)	4,950,000	\$ 13.74	\$ 68,028,013	\$ 47,619,609	\$ 20,408,404
Terreno	4,950,000	\$ 1.25	\$ 6,187,500	\$ 4,331,250	\$ 1,856,250
TOTAL INVERSIÓN			\$ 754,495,639	\$ 528,146,947	\$ 226,348,692

Fuente: Elaboración propia

1. Propuesta de ingresos. Para este análisis realizó la siguiente propuesta tomando en cuenta los costos establecidos en el Acuerdo Gubernativo 939-2002 con un aumento del 4% anual hasta el inicio de la operación del aeropuerto. En esta propuesta, las tarifas aeroportuarias consideran un aumento del 4% anual, un cobro por el uso del Wi-Fi y un aumento al cobro del área de hangares y estacionamientos listados a continuación:

Tabla 100. Áreas de renta y tarifas propuestas de ingresos aeroportuarios en Guatemala

INGRESOS POR RENTAS TERMINAL DE PASAJEROS	Distribución Área Rentable		Renta	
	En %	En m ²	Renta por m ²	Incremento Anual
Tiendas comerciales	1.00%	738.16	\$ 24.01	4.0%
Puertos libres	4.00%	2,952.64	\$ 12.01	4.0%
Bancos, casas de cambio	0.25%	184.54	\$ 96.05	4.0%
Parqueos, bodegas, área de equipos	1.50%	1,107.24	\$ 12.01	4.0%
Counter y oficinas líneas aéreas	10.00%	7,381.60	\$ 19.21	4.0%
Counter y oficinas otras empresas	2.00%	1,476.32	\$ 28.82	4.0%
Espacio para taxis, rentadoras por vehículo mensual	0.50%	369.08	\$ 36.02	4.0%
Oficinas rentadoras de vehículos	0.75%	553.62	\$ 24.01	4.0%
total área terminal de pasajeros y puertas de embarque	20.00%	14,763.20		
Área total Terminal y puertas de embarque	73,816.00			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 101. Otros ingresos y tarifas

INGRESOS TERMINAL DE PASAJEROS	Distribución Área Rentable		Renta	
		En m ²	Renta por m ²	Incremento Anual
Espacio publicitario		1,500.00	\$ 60.03	4.0%
Espacio publicitario área de equipaje		500.00	\$ 96.05	4.0%
Cajeros automáticos y máquinas dispensadoras de productos	unidades	15.00	\$ 168.09	4.0%
Servicio de Wi-fi (25% pasajeros)	unidades	41,666.67	\$ 10.00	0.0%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 102. Ingresos zonas adyacentes a la terminal de pasajeros y propuesta de tarifas

INGRESOS ZONAS ADYACENTES	Área Rentable	Renta	
	En m ²	Renta por m ²	Incremento Anual
Bodegas y área de equipos	5,000.00	\$ 12.01	4.0%
Áreas adyacentes para hangares privados	70,000.00	\$ 3.21	4.0%
Áreas adyacentes para hangares comerciales	72,000.00	\$ 10.00	4.0%
Áreas en la terminal de carga	40,000.00	\$ 0.96	4.0%
Área de abastecimiento de combustibles	10,000.00	\$ 1.92	4.0%
Área para suministros de alimentos	10,000.00	\$ 1.92	4.0%
Áreas para rótulos comerciales	500.00	\$ 48.03	4.0%
Total Área Rentable	207,500.00		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 103. Ingresos del edificio de parqueos y tarifas en Guatemala

INGRESOS EDIFICIO DE PARQUEOS	Distribución Área Rentable		Renta	
	% ocupación	cantidad	Renta por hora	Incremento Anual
Visitantes	33.0%	900.00	\$ 2.40	0.0%
Empresas rentadoras de vehículos	100.0%	200.00	\$ 32.05	0.0%
Trabajadores	100.0%	100.00	\$ 32.05	0.0%
		1,200.00		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 104. Ingresos e impuestos por servicios de aproximación y tarifas en Guatemala

INGRESOS IMPUESTOS Y SERVICIOS DE APROXIMACIÓN	Unidad	cantidad	Costo	
			Renta por unidad	Incremento Anual
Cargo de seguridad del aeródromo por pasajero	Pasajeros	2,000,000.00	\$ 5.39	4.0%
Impuesto líneas aéreas por pasajero	Pasajeros	2,000,000.00	\$ 53.88	4.0%
Servicios de aproximación aeronaves privadas	Aeronaves	13,500.00	\$ 6.82	4.0%

Fuente: Elaboración Propia

Con este desglose de ingresos se realizó de nuevo el análisis financiero para lo cual se utilizó:

- Ocupación promedio de 90%
- Una tasa de interés del 6.5% para el 70% de deuda y un 30% de capital propio.
- Un plazo de 20 años
- Costo mínimo de capital (TMAR) del 12%

F. Evaluación de indicadores

1. Análisis de la topografía y su relación con las superficies limitadoras de obstáculos

a. Metodología para el análisis de la topografía y su relación con las superficies limitadoras de obstáculos

1) Clasificaciones previas al dimensionamiento de las superficies limitadoras de obstáculos. La topografía de la región está directamente relacionada con las restricciones establecidas por las superficies limitadoras de obstáculos. Las dimensiones de estas superficies están establecidas según la clasificación del aeródromo y de las pistas, y estas según los tipos de aviones destinados a operar en el aeródromo, tal como se detalló en el predimensionamiento de los componentes de un aeródromo. Por lo tanto, es necesario establecer una secuencia metodológica en la que se realicen los pasos adecuados para clasificar la información y obtener los datos que determinarán las dimensiones de las superficies limitadoras de obstáculos. La propuesta de secuencia metodológica para la clasificación se muestra en la Tabla 105.

Al obtener los datos necesarios para determinar el tipo de aeródromo y de pista, se procede a identificar las dimensiones correspondientes a cada superficie. En los siguientes incisos se definirá como dimensionar las superficies limitadoras de obstáculos, cuál es el área de influencia de las mismas y cómo evaluar la topografía de la región con respecto a dichas superficies.

Tabla 105. Pasos para dimensionamiento de las superficies limitadora de obstáculos

Paso No.	Descripción	Información a determinar	Referencia
1	<p>Aeronave crítica de diseño para la que se proyecta el aeródromo.</p> <p>Es la que presenta las mayores dimensiones según el tipo de aeronave que se espera recibir en el aeródromo. La elección de la aeronave crítica de diseño dependerá del alcance o el tipo de aeropuerto que se tiene planificado diseñar. El tipo de aeropuerto dependerá si está destinado a pasajeros, carga, internacional, regional o dependiendo de la competencia y demanda que se quiera abarcar.</p>	<p>Para el caso de las superficies limitadoras de obstáculos, las principales componentes que determinará la aeronave de diseño serán:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Longitud de pista • Longitud del campo de referencia • Envergadura • Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal. 	Anexos
2	<p>Clave de referencia de aeródromo.</p> <p>Esta clave tiene como propósito facilitar un método simple de relacionar la especificaciones respectivas a las características de los aeródromos y suministrar instalaciones adecuadas para los aviones destinados a operar en el mismo (Organización de Aviación Civil Internacional, 2006).</p>	<p>La clave de referencia está compuesta por dos elementos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Número de clave, depende de la longitud de campo de referencia del avión • Letra de clave, depende de las dimensiones de la envergadura y de la anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal, se elige la mayor clasificación entre ambas. 	Tabla 73

Continuación Tabla 105.

Paso No.	Descripción	Información a determinar	Referencia
3	<p>Clasificación de la pista según los procedimientos de aproximación.</p> <p>Se debe determinar el tipo de procedimiento de aproximación que tendrá el aeródromo, ya que las pistas pueden contar con ayudas visuales o ayudas por instrumentos ILS o MLS. Las pistas que utilizan procedimientos de aproximación por instrumentos pueden ser o no ser de precisión. Las ayudas visuales y las ayudas por instrumentos ILS o MLS, sirven para determinar la altura en la que se puede tomar la decisión de si es posible aterrizar sin problemas.</p>	<p>Los tipos de pistas, según el procedimiento de aproximación, son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pistas de vuelo por instrumentos <ul style="list-style-type: none"> ○ Pistas para aproximaciones que no sean de precisión ○ Pistas para aproximaciones de precisión <ul style="list-style-type: none"> ▪ Categoría I ▪ Categoría II ▪ Categoría III • Pistas de vuelo visual 	Tabla 2
4	<p>Dimensionamiento de las Superficies limitadoras de obstáculos</p> <p>Las dimensiones de estas superficies están determinadas según los resultados de los pasos 1, 2 y 3. Con estos datos se procede a identificar las dimensiones correspondientes a cada superficie y estas serán las que restringirán el espacio aéreo, con el propósito de brindar seguridad a las aeronaves al momento del aterrizaje, despegue o maniobras de aproximación.</p>	<p>Las superficies de mayor alcance y las que se tomarán para este estudio son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cónica • Horizontal interna • De aproximación • De ascenso en el despegue 	<p>Tabla 106</p> <p>Tabla 107</p>

Fuente: Elaboración propia

2) Dimensionamiento de las superficies limitadoras de obstáculos. Con la clasificación anterior, se procede a identificar las dimensiones correspondientes al aeródromo según su clave de referencia y el tipo de pista. Para el análisis de la topografía de la región, se debe de priorizar la presencia de accidentes geográficos que sean difíciles o imposibles eliminar al momento de que estas interrumpan el espacio aéreo restringido por las superficies limitadoras de obstáculos. En este sentido, la Tabla 28 se limita a las siguientes superficies: cónica, horizontal interna, de aproximación y de ascenso en el despegue; siendo estas superficies, las de mayor alcance en los alrededores del aeródromo. En la Tabla 106 se muestra una versión resumida de las superficies mencionadas con sus dimensiones y pendientes respectivas, y la Figura 99 muestra cuales son dichas superficies. La Tabla 109 contiene las dimensiones de las superficies destinadas al ascenso en el despegue.

Algunas dimensiones no están definidas con un valor en específico, sino que están en relación a un porcentaje de pendiente. Tal es el caso del perímetro externo de la superficie cónica, en la que debemos identificar el radio de la superficie horizontal interna y sumarle la distancia que resulta de dividir la altura de la superficie cónica entre su respectiva pendiente (ver Ecuación 1). Además, el centro del radio de la superficie horizontal interna y el centro de la superficie cónica, estarán situados en los extremos de la pista.

Ecuación 1. Radio externo de superficie cónica

$$R = \text{Radio de superficie horizontal interna} + \frac{\text{Altura de superficie cónica}}{\text{Pendiente de superficie cónica}}$$

Fuente: Organización de Aviación Civil Internacional, 2004

El ancho del borde exterior de la superficie de aproximación es otras de las distancias no especificadas, sin embargo si está definida la pendiente de divergencia, esta divergencia también está definida para la superficie ascenso en el despegue. La pendiente de divergencia se refiere a la relación entre una línea de referencia colocada en el inicio de dichas superficies de forma paralela al eje de la pista y la distancia que se forma con otra línea perpendicular a la línea de referencia inicial y el punto en atraviesa en el borde de dichas superficies. Para poder trazar en planta la línea o borde de divergencia, la relación entre a y b de la Figura 98 deber ser igual al ángulo especificado.

Tabla 106. Dimensiones y pendientes de las superficies limitadoras de obstáculos, Pistas de aterrizaje

Superficies y dimensiones ^a	Clasificación de las pistas y número de clave									
	Aproximación visual				Aproximación que no sea de precisión			Aproximación de precisión		
								Categoría I		Categoría II o III
	1	2	3	4	1, 2	3	4	1, 2	3, 4	3, 4
CÓNICA										
Pendiente	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Altura	35 m	55 m	75 m	100 m	60 m	75 m	100 m	60 m	100 m	100 m
HORIZONTAL INTERNA										
Altura	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m
Radio	2000 m	2500 m	4000 m	4000 m	3500 m	4000 m	4000 m	3500 m	4000 m	4000 m
APROXIMACIÓN										
Longitud del borde interior	60 m	80 m	150 m	150 m	150 m	300 m	300 m	150 m	300 m	300 m
Distancia desde el umbral	30 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m
Divergencia (a cada lado)	10%	10%	10%	10%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Primera sección										
Longitud	1600 m	2500 m	3000 m	3000 m	2500 m	3000 m	3000 m	3000 m	3000 m	3000 m
Pendiente	5%	4%	3.33%	2.5%	3.33%	2%	2%	2%	2%	2%
Segunda Sección										
Longitud	--	--	--	--	--	3600m	3600m	3600m	3600m	3600m
Pendiente	--	--	--	--	--	2.5%	2.5%	3%	2.5%	2.5%

Continuación Tabla 106.

Superficies y dimensiones ^a	Clasificación de las pistas y número de clave									
	Aproximación visual				Aproximación que no sea de precisión			Aproximación de precisión		
	Categoría I		Categoría II o III							
	1	2	3	4	1, 2	3	4	1, 2	3, 4	3, 4
Sección horizontal										
Longitud	--	--	--	--	--	8400m	8400m	--	8400m	8400m
Longitud total	--	--	--	--	--	15000 m	15000 m	15000 m	15000 m	15000 m
a. Salvo que se indique de otro modo, todas las dimensiones se miden horizontalmente.										

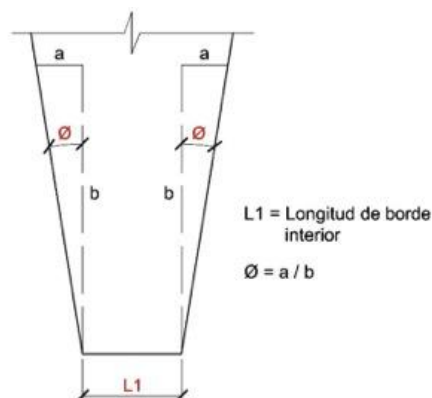
Fuente: Organización de Aviación Civil Internacional, 2004

Tabla 107. Dimensiones y pendientes de las superficies limitadoras de obstáculos, Pistas destinadas al despegue

Superficie y dimensiones	Número de Clave		
	1	2	3 ó 4
DE ASCENSO EN EL DESPEGUE			
Longitud del borde interior	60 m	80 m	180 m
Distancia desde el extremo de la pista ^b	30 m	60 m	60 m
Divergencia (a cada lado)	10 %	10%	12.5%
Anchura final	380 m	580 m	1200 m 1800 m ^c
Longitud	1600 m	2500 m	15000 m
Pendiente	5%	4%	2%
a. Salvo que se indique de otro modo, todas las dimensiones se miden horizontalmente b. Superficie de ascenso en el despegue comienza en el extremo de la zona libre de obstáculos si la longitud de ésta excede de la distancia especificada. c. 1800 m cuando la derrota prevista incluya cambios de rumbo mayores de 15° en las operaciones realizadas en IMC, o en VMC durante la noche.			

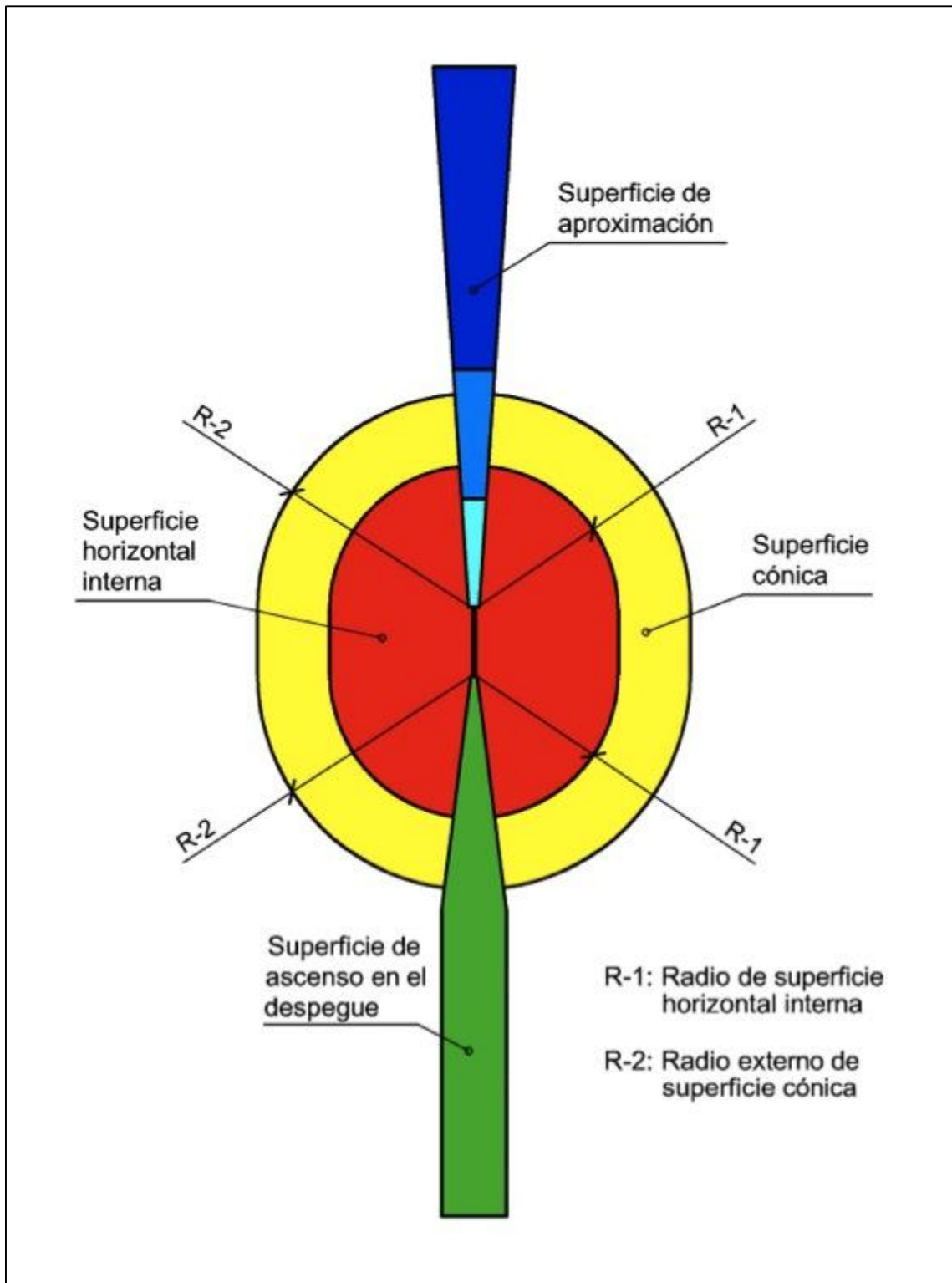
Fuente: Organización de Aviación Civil Internacional, 2004

Figura 98. Divergencia en superficies de aproximación y de ascenso en el despegue



Fuente: Elaboración propia

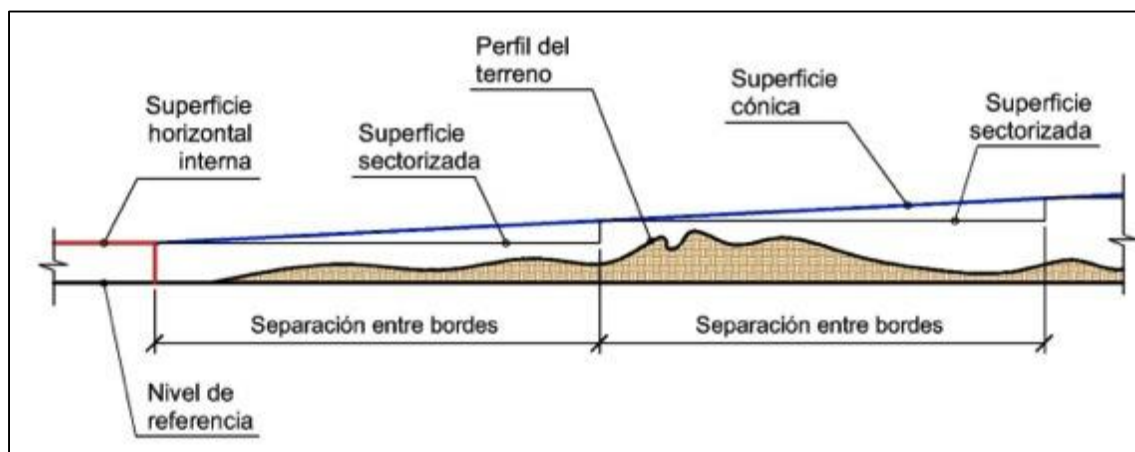
Figura 99. Superficie cónica, horizontal interna, de aproximación y de ascenso en el despegue.



Fuente: Elaboración propia

3) Superficies sectorizadas. Para analizar la topografía de la región, una de las alternativas es sectorizar las superficies que contengan una pendiente en relación al nivel de referencia, tal como lo es el caso de la superficie cónica, de aproximación y de ascenso en el despegue. Con este método se define una serie de planos horizontales que estarán por debajo de las superficies limitadoras de obstáculos (ver Figura 100). Uno de los principales objetivos de este método que se está proponiendo, es implementar estas superficies sectorizadas en programas basados en sistemas de información geográfica (programas SIG), esta opción es viable debido a la gama de productos que brindan las instituciones como el IGN, RIC, SEGEPLAN y MAGA. Para este proceso se deberá conocer cuál será el área de influencia y definir las alturas de los sectores a establecer.

Figura 100. Sección de superficie cónica sectorizada

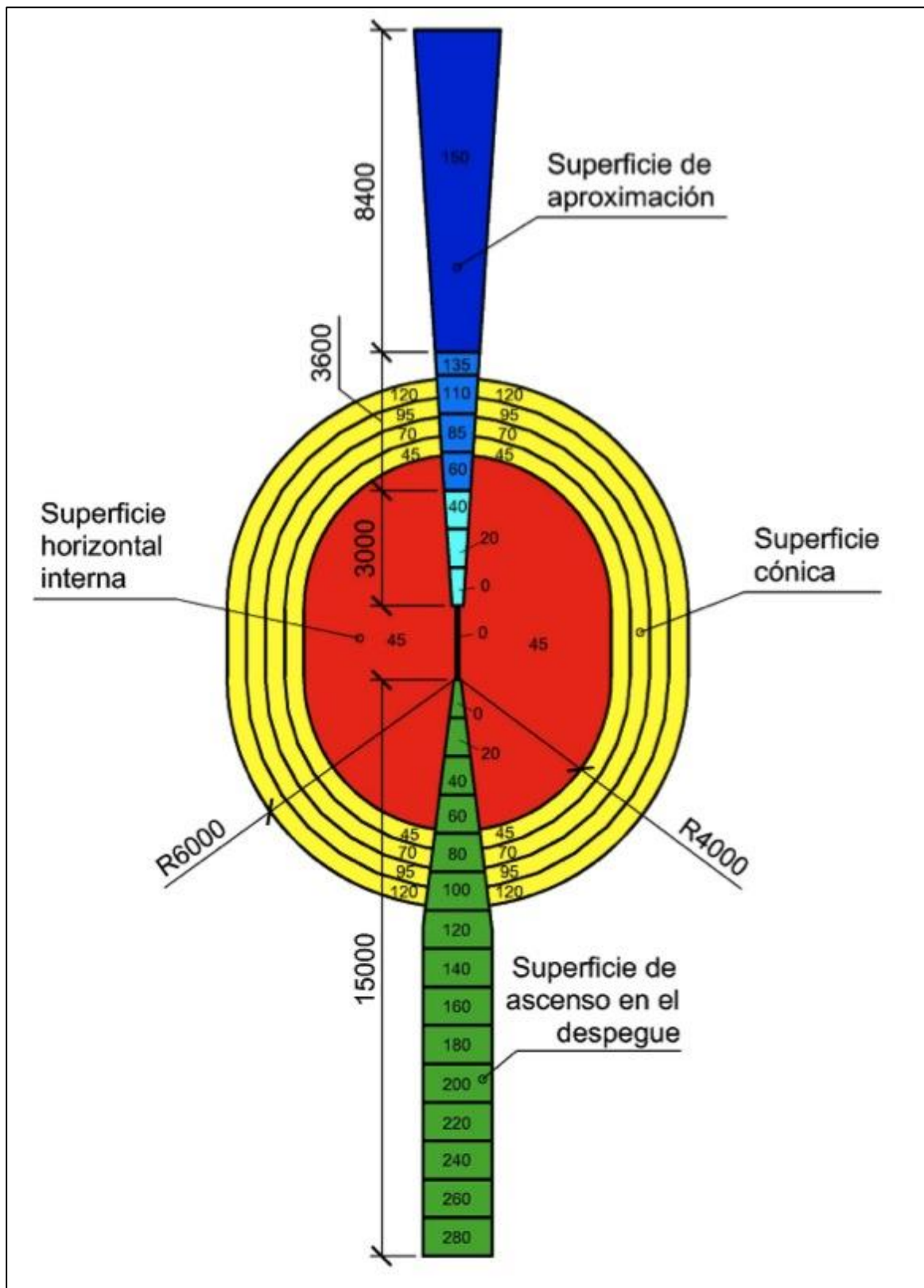


Fuente: Elaboración propia

El área de influencia se define como el área que abarcan las superficies limitadoras de obstáculos al realizar una proyección en planta de las mismas sobre el terreno evaluado. El área de influencia se analiza tanto para evaluar la topografía de la región como para restringir las construcciones futuras que pudieran interrumpir el espacio aéreo.

La sectorización de superficies con pendientes verticales es el criterio para definir el número de sectores para cada una de las superficies limitadoras de obstáculos será la diferencia de alturas entre cada sector. Mientras mayor sea la diferencia de alturas, mayor será el espacio aéreo que quedará restringido por la superficie sectorizada. En la Tabla 13 se presentan diferencias de alturas recomendables para aeródromos de clave 3 ó 4 y pistas con aproximaciones de precisión. Con estas diferencias de altura y el porcentaje de pendiente se calcula la separación entre bordes de los sectores, en la Tabla 17 se muestran las superficies sectorizadas con sus alturas correspondientes.

Figura 101. Superficies sectorizadas, aplica a aeródromos con número de clave 3 ó 4 y pistas con aproximaciones de precisión



Fuente: Elaboración propia

Tabla 108. Diferencias de alturas entre sectores recomendables para aeródromos con número de clave 3 ó 4 y pistas con aproximaciones de precisión

Superficies con pendientes		Diferencia de alturas entre sectores
Cónica		25 m
De aproximación	Primera sección	20 m
	Segunda sección	25 m
De ascenso en el despegue		20 m

Fuente: Elaboración propia

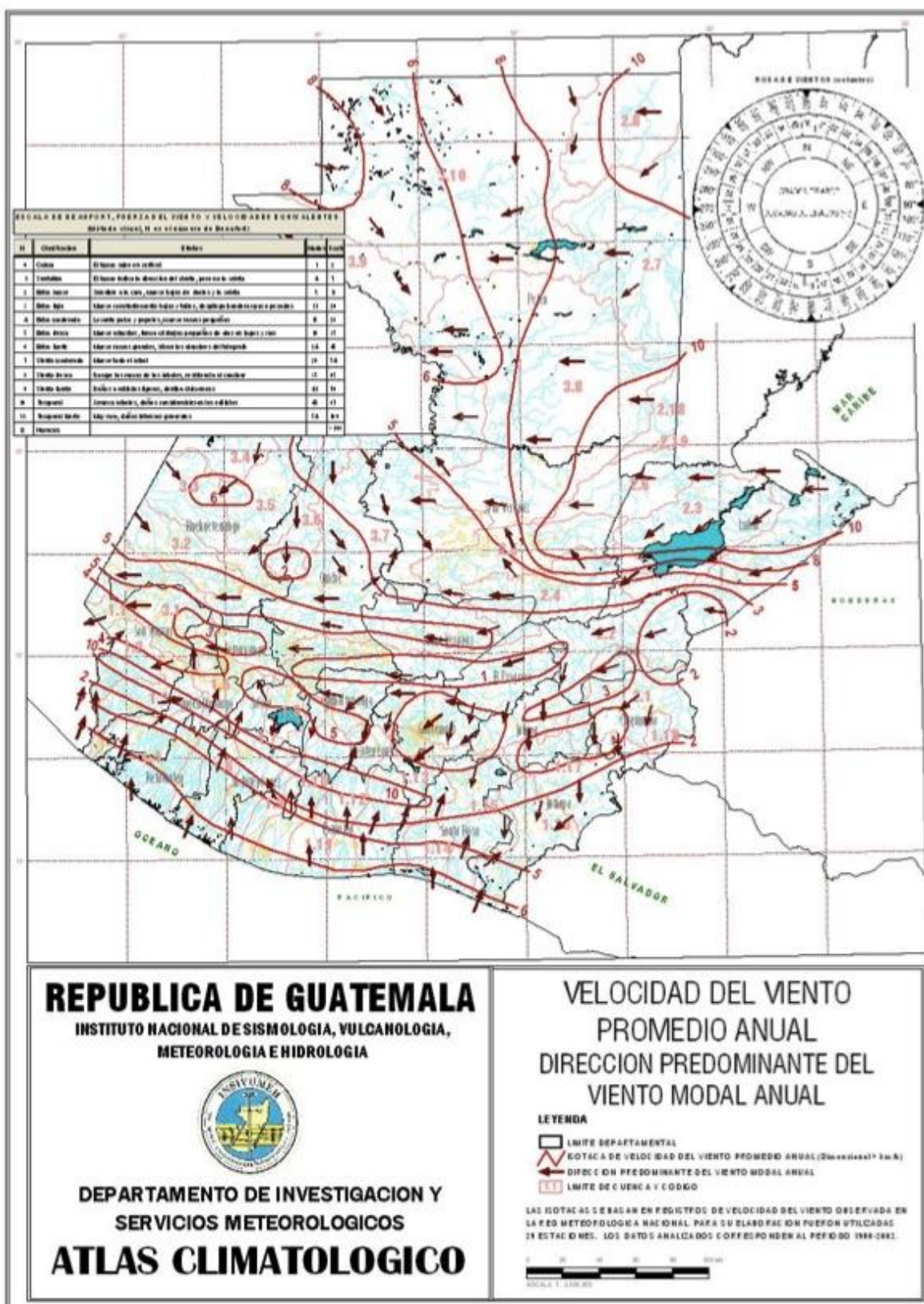
b. Mapas e información de la región a evaluar. Para el análisis del espacio aéreo utilizando las superficies sectorizadas, es necesario contar con mapas y programas en las que se puedan analizar las curvas de nivel e información geográfica relevante. Al tener las curvas proyectadas en planta, se debe emplazar las superficies limitadoras de obstáculos para analizar si las alturas del terreno exceden las alturas definidas por las superficies sectorizadas. Además del análisis de la topografía de la región, para el emplazamiento de la pista también se deben tomar en consideración las siguientes características:

1) Distancia a la ciudad capital. La ubicación de un aeropuerto es importante que no quede alejado de la ciudad capital, debido a que es donde se encuentra centralizada la mayor actividad económica del país. Para tomar en cuenta el criterio de la cercanía a la ciudad capital, se traza un circunferencia con un radio de 50 km alrededor de centro de la ciudad. Con este radio se puede disminuir el impacto energético que puede requerir el transporte por vía terrestre.

2) Planicies. Se deben identificar las áreas con mayores extensiones planas, ya que mientras menor sea la variación de alturas en la región, estarán menos propensas a exceder las alturas definidas por las superficies sectorizadas. Además, la construcción de un aeródromo en áreas planas puede reducir costos en cuanto a movimientos de tierra. Sin embargo, esta identificación de planicies no asegura que las alturas en los alrededores no interrumpen el espacio aéreo restringido para la seguridad de los aviones; por lo que siempre es necesario proceder al análisis de las superficies limitadoras de obstáculos.

3) Poblaciones en los alrededores. Al evaluar las áreas es importante considerar las poblaciones en los alrededores, ya que los proyectos de gran envergadura pueden generar conflictos sociales. Además, un aeropuerto genera contaminación auditiva y requieren de grandes extensiones para su óptimo funcionamiento. Para analizar este tema es necesario realizar estudios complejos que abarquen todas las implicaciones de esta área de estudio. Como un primer paso para evitar conflictos sociales, se debe tener acceso a mapas que proyecten las poblaciones actuales para que al momento de identificar planicies, estas estén situadas en regiones libres de las mismas.

Figura 102. Distribución de vientos de Guatemala correspondientes al período 1980 -2002



Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología

4) Dirección del eje de la pista. El emplazamiento de la pista y la dirección en la que debe estar orientada el eje, está directamente relacionada con la distribución de vientos de la región. En la Figura 30 se observa el mapa con la distribución de vientos en Guatemala realizado por el INSIVUMEH. La dirección deberá ser elegida de tal manera que quede alineado al viento predominante. La razón por la cual se utiliza este criterio es disminuir la componente transversal del viento. Para el despegue, este criterio busca aumentar la resultante entre la velocidad del viento y la velocidad de la aeronave, y con esto crear un mayor diferencial de presiones para la elevación de las aeronaves. Para el aterrizaje, tener el viento en contra ayuda a mantener cierta velocidad del viento para la sustentación de la aeronave, mientras esta disminuye su velocidad relativa a la pista del aeropuerto.

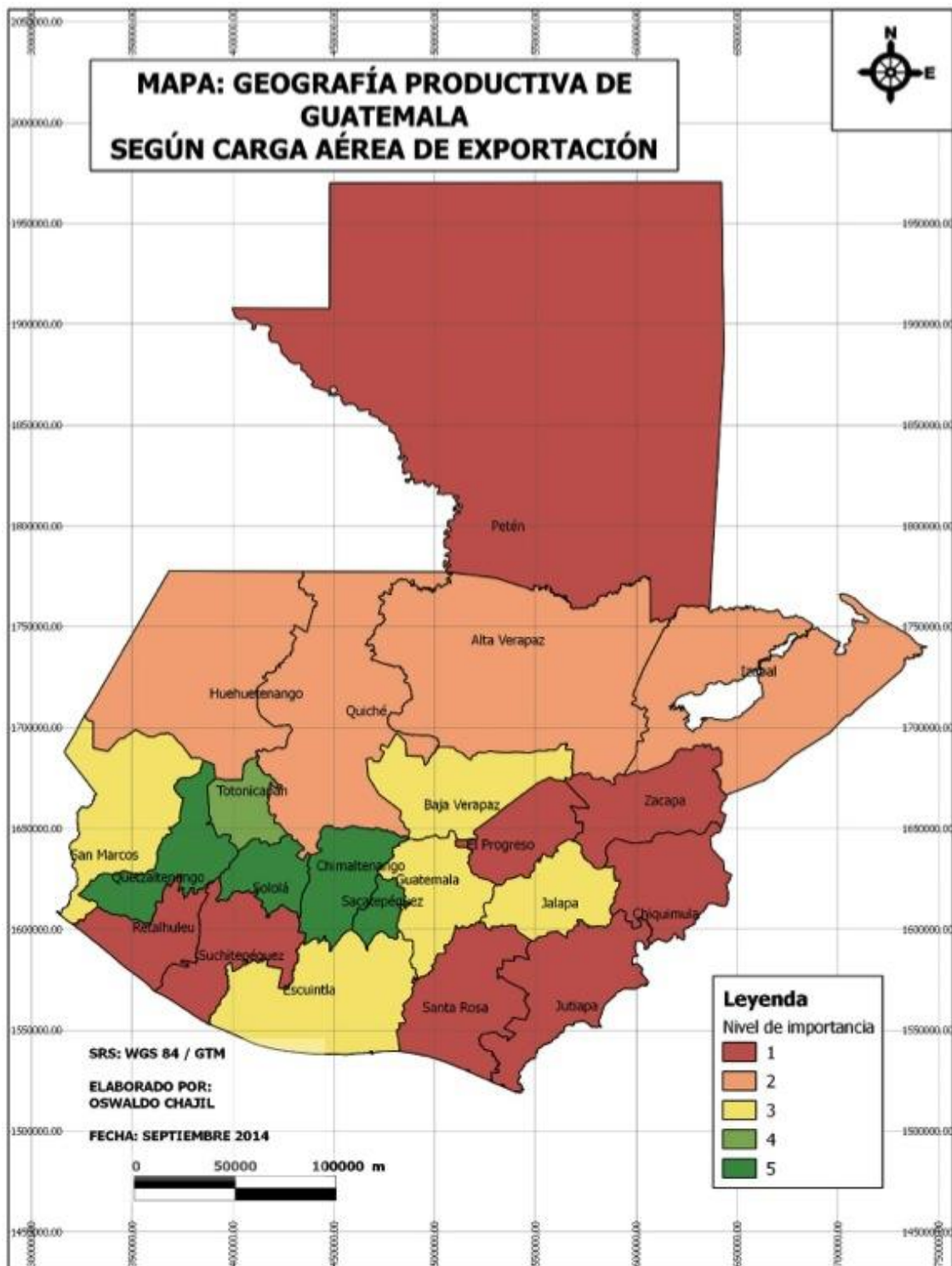
c. Identificación de los principales departamentos que generan carga aérea. Para analizar la geografía productiva de Guatemala, se clasificaron los productos de mayor a menor porcentaje en relación al total de la carga aérea de exportación, los datos que se analizaron corresponden al año 2013. De la Figura 59 se eligieron los primeros siete productos, los cuales representan el 72.95%, porcentaje que se consideró representativo para este análisis. Para cada uno de estos productos, se investigó que departamentos los producen. La clasificación para determinar el nivel de importancia de cada departamento, se realizó según la variedad de productos que genera (ver Tabla 109 y Figura 103).

Tabla 109. Nivel de importancia de los departamentos de Guatemala, según la variedad de productos que genera.

Departamento	Arveja China	Ropa Elaborada	Mini vegetales y vegetales	Mora	Papaya y frutas varias	Pescado fresco	Flores frescas	Totales	Clasificación
Chimaltenango								5	5
Sacatepéquez								5	
Sololá								5	
Quetzaltenango								5	
Totonicapán								4	4
Baja Verapaz								3	3
San Marcos								3	
Jalapa								3	
Guatemala								3	
Escuintla								3	2
Alta Verapaz								2	
Quiché								2	
Huehuetenango								2	
Izabal								2	1
Santa Rosa								1	
Suchitepéquez								1	
Retalhuleu								1	
El Progreso								1	
Zacapa								1	
Petén								0	
Chiquimula								0	
Jutiapa								0	

Fuente: Elaboración propia

Figura 103. Geografía productiva de Guatemala, según carga aérea de exportación



Fuente: Elaboración propia

d. Indicadores según criterios topográficos y su relación con las superficies limitadoras de obstáculos.

1) Superficie de aproximación. Esta superficie es indispensable y una de las más importantes para los aeródromos, ya que su función es brindar un espacio libre para las maniobras de la aeronave al momento de aproximarse a la pista. Las dimensiones de esta superficie varían en relación al número de clave del aeródromo y del tipo de pista según el proceso de aproximación. Para analizar esta superficie es necesario identificar las alturas máximas del terreno que se encuentre en el área de influencia de la superficie. Para el análisis de este tipo de indicador se recomienda utilizar programas SIG, en los que se pueden apreciar de manera más clara y clasificada, las curvas de nivel del sector en cuestión.

Tabla 110. Indicador para la evaluación de las alturas del terreno en el área de influencia de la superficie de aproximación

	1	2	3	4	5
Altura del terreno en el área de influencia de la superficie de aproximación	Excede a la superficie 25m o más En uno o más puntos críticos ^a	Excede a la superficie en el rango de $\geq 0m$ y $\leq 25m$ En uno o más puntos críticos ^a	Se encuentra a la misma altura de la superficie En el punto crítico ^a	Se encuentra por debajo de la superficie en el rango de $< 0m$ y $\geq -25m$ En el punto crítico ^a	Se encuentra por debajo de la superficie a partir de -25m En el punto crítico ^a
<p>Los rangos establecidos tienen como base la altura de la superficie, en este sentido las cotas por encima de la superficie serán positivas y las que están por debajo serán negativas.</p> <p>a. Punto crítico:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si el terreno excede a la superficie, los puntos críticos serán aquellos con las máximas alturas, en relación al área de influencia, que excedan la superficie. • Si el terreno no excede a la superficie, el punto crítico será aquel que tenga la altura máxima en relación al área de influencia. 					

Fuente: Elaboración propia

2) Superficie de ascenso en el despegue. Al igual que la superficie de aproximación, la de ascenso en el despegue es otra de las superficies más importantes para los aeródromos, la función de esta es brindar un espacio libre y seguro para un despegue adecuado de la aeronave. Las dimensiones de esta superficie varían en relación al número de clave del aeródromo y del tipo de pista según el proceso de aproximación. Para analizar esta superficie es necesario identificar las alturas máximas del terreno que se encuentre en el área de influencia de la superficie. Para el análisis de este tipo de indicador se recomienda utilizar programas SIG, en los que se pueden apreciar de manera más clara y clasificada, las curvas de nivel del sector en cuestión.

Tabla 111. Indicador para la evaluación de las alturas del terreno en el área de influencia de la superficie de ascenso en el despegue

	1	2	3	4	5
Altura del terreno en el área de influencia de la superficie de ascenso en el despegue	Excede a la superficie 25m o más En uno o más puntos críticos ^a	Excede a la superficie en el rango de $\geq 0m$ y $\leq 25m$ En uno o más puntos críticos ^a	Se encuentra a la misma altura de la superficie En el punto crítico ^a	Se encuentra por debajo de las superficie en el rango de $< 0m$ y $\geq -25m$ En el punto crítico ^a	Se encuentra por debajo de las superficie a partir de -25m En el punto crítico ^a
<p>Los rangos establecidos tienen como base la altura de la superficie, en este sentido las cotas por encima de la superficie serán positivas y las que están por debajo serán negativas.</p> <p>a. Punto crítico:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si el terreno excede a la superficie, los puntos críticos serán aquellos con las máximas alturas, en relación al área de influencia, que excedan la superficie. • Si el terreno no excede a la superficie, el punto crítico será aquel que tenga la altura máxima en relación al área de influencia. 					

Fuente: Elaboración propia

3) Superficie horizontal interna. Esta superficie tiene como finalidad proteger el espacio aéreo en un circuito visual en los alrededores de la pista, este espacio está previsto para que la aeronave vuele dentro de dicho circuito antes de la aproximación de aterrizaje. Las dimensiones de esta superficie varían en relación al número de clave del aeródromo y del tipo de pista según el proceso de aproximación. Para analizar esta superficie es necesario identificar las alturas máximas del terreno que se encuentre en el área de influencia de la superficie. En ciertos casos, no serán esenciales algunos de los sectores comprendidos dentro del circuito visual de la superficie horizontal interna, sin embargo se deberá establecer procedimientos para que las aeronaves no vuelen en tales sectores (Organización de Aviación Civil Internacional, 2004).

Para el análisis de este tipo de indicador se recomienda utilizar programas SIG, en los que se pueden apreciar de manera más clara y clasificada, las curvas de nivel del sector en cuestión.

4) Superficie cónica. Al igual que la superficie horizontal interna, esta superficie tiene como finalidad proteger el espacio aéreo en un circuito visual en los alrededores de la pista, este espacio está previsto para que la aeronave vuele dentro de dicho circuito antes de la aproximación de aterrizaje. Las dimensiones de esta superficie varían en relación al número de clave del aeródromo y del tipo de pista según el proceso de aproximación. Para analizar esta superficie es necesario identificar las alturas máximas del terreno que se encuentre en el área de influencia de la superficie. En ciertos casos, no serán esenciales algunos de los sectores comprendidos dentro del circuito visual de la superficie cónica, sin embargo se deberá establecer procedimientos para que las aeronaves no vuelen en tales sectores (Organización de

Aviación Civil Internacional, 2004). Para el análisis de este tipo de indicador se recomienda utilizar programas SIG, en los que se pueden apreciar de manera más clara y clasificada, las curvas de nivel del sector en cuestión.

Tabla 112. Indicador para la evaluación de las alturas del terreno en el área de influencia de la superficie horizontal interna

	1	2	3	4	5
Altura del terreno en el área de influencia de la superficie horizontal interna	Excede a la superficie 25m o más	Excede a la superficie en el rango de $\geq 0m$ y $\leq 25m$	Se encuentra a la misma altura de la superficie	Se encuentra por debajo de la superficie en el rango de $< 0m$ y $\geq -25m$	Se encuentra por debajo de la superficie a partir de $-25m$
	En uno o más puntos críticos ^a	En uno o más puntos críticos ^a	En el punto crítico ^a	En el punto crítico ^a	En el punto crítico ^a
Los rangos establecidos tienen como base la altura de la superficie, en este sentido las cotas por encima de la superficie serán positivas y las que están por debajo serán negativas.					
a. Punto crítico:					
<ul style="list-style-type: none"> • Si el terreno excede a la superficie, los puntos críticos serán aquellos con las máximas alturas, en relación al área de influencia, que excedan la superficie. • Si el terreno no excede a la superficie, el punto crítico será aquel que tenga la altura máxima en relación al área de influencia. 					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 113. Indicador para la evaluación de las alturas del terreno en el área de influencia de la superficie cónica

	1	2	3	4	5
Altura del terreno en el área de influencia de la superficie cónica	Excede a la superficie 50m o más	Excede a la superficie en el rango de $\geq 0m$ y $\leq 50m$	Se encuentra a la misma altura de la superficie	Se encuentra por debajo de la superficie en el rango de $< 0m$ y $\geq -50m$	Se encuentra por debajo de la superficie a partir de $-50m$
	En uno o más puntos críticos ^a	En uno o más puntos críticos ^a	En el punto crítico ^a	En el punto crítico ^a	En el punto crítico ^a
Los rangos establecidos tienen como base la altura de la superficie, en este sentido las cotas por encima de la superficie serán positivas y las que están por debajo serán negativas.					
a. Punto crítico:					
<ul style="list-style-type: none"> • Si el terreno excede a la superficie, los puntos críticos serán aquellos con las máximas alturas, en relación al área de influencia, que excedan la superficie. • Si el terreno no excede a la superficie, el punto crítico será aquel que tenga la altura máxima en relación al área de influencia. 					

Fuente: Elaboración propia

e. Indicador para evaluar la ubicación geográfica del sitio en relación a los principales departamentos que generan carga aérea. La importancia de este indicador se basa en que la ubicación de un aeropuerto debe estar seleccionada estratégicamente, con el fin de incentivar la exportación de productos nacionales. Este sector del mercado puede beneficiar al país y mejorar la economía de los sectores que generan carga aérea. Guatemala es líder a nivel centroamericano en varios de sus principales productos exportación, por lo que es importante impulsar esta economía. Además, Guatemala cuenta con una ubicación geográfica que le brinda una variedad de climas favorables para una producción constante durante todo el año.

Con las estadísticas obtenidas en la Dirección General de Aeronáutica Civil, con datos de COMBEX-IM, se elaboró un mapa que identifica los departamentos en los que se producen los principales productos de exportación. Con esta referencia, se determinó que mientras más próxima se encuentre el aeropuerto a dichos sectores, menores serán los gastos de transporte terrestres de los productos de exportación. Otro de los factores que influye es la infraestructura vial en la región, pero el análisis de este indicador quedará limitado a si la ubicación se encuentra dentro de los sectores que generan mayor carga aérea. Otra de las limitaciones de este indicador es que depende únicamente del departamento en que se ubique el sitio evaluado, pudiendo estar en cercanías de otros departamentos con mayor producción de exportación.

Tabla 114. Indicador para evaluar la ubicación geográfica en relación a la importancia del departamento en las exportaciones por vía aérea.

	1	2	3	4	5
Departamento según su importancia en las exportaciones por vía aérea	Santa Rosa, Suchitepéquez, Retalhuleu, El Progreso, Zacapa. Petén, Chiquimula, Jutiapa	Alta Verapaz Quiché Huehuetenango Izabal	Baja Verapaz San Marcos Jalapa Guatemala Escuintla	Totonicapán	Chimaltenango Sacatepéquez Sololá Quetzaltenango
Esta evaluación se realiza en la Figura 103.					

Fuente: Elaboración propia

f. Indicadores para evaluar la accesibilidad al sitio

1) Carretera primaria de acceso. Es la vía que conecta la ciudad vecina y el aeropuerto (Hernández, et al. 2011). Para la evaluación de esta carretera es importante considerar las dos principales clasificaciones de carreteras: clasificación según funcionalidad de la carretera y clasificación según el nivel de servicio que presta.

El primer indicador a evaluar en las carreteras es la funcionalidad de la carretera primaria de acceso. El análisis de este indicador se realiza con la clasificación de la Tabla 115, en la que se observan los distintos tipos de carreteras según la función que tienen. Para identificar la diferencia entre los tipos de

carreteras arteriales, colectores y locales. Básicamente se diferencian por el nivel de servicio que prestan, las arteriales cuentan con mayores distancias de viaje ininterrumpido, las colectoras permite menores distancias de viaje ininterrumpido por servir de colector de tráfico de caminos locales, y las carreteras locales proveen acceso a la mayoría de lugares y sirve para viajes de distancias cortas. La otra diferencia entre los tipos de carretera a evaluar en este indicador es la cantidad de carriles que tiene la carretera.

Tabla 115. Indicador para evaluar la funcionalidad de la carretera primaria de acceso

	1	2	3	4	5
Carretera primaria de acceso	Colector menor y locales	Arterial menor	Colector mayor	Arterial principal	Autopista
No. de carriles	1-2	2	4-6	4-6	6-8

Fuente: Elaboración propia

Además, se propone la evaluación del nivel de servicio de la carretera primaria de acceso. Esta característica se analiza para determinar el flujo máximo que puede acomodar una carretera sin que se generen congestionamientos. El nivel de servicio no está totalmente determinado por la funcionalidad de la carretera, ya que puede variar según la demanda a la que está sometida. La velocidad del flujo vehicular también está restringido por las señalizaciones que indican la velocidad máxima de vehículos, impuestas por las autoridades encargadas de la administración de ciertos tramos. Para la evaluación de este indicador se pueden consultar mapas que muestren el nivel de servicio de las carreteras, visitas de campo y preferiblemente realizar estudios de tránsito específicos.

Tabla 116. Indicador para evaluar el nivel de servicio de la carretera primaria de acceso

	1	2	3	4	5
Nivel de servicio de la carretera	F y E	D	C	B	A
Descripción del nivel de servicio	Flujo forzado e inestable. Pequeños embotellamientos La velocidad cae hasta 40 km/h Condiciones de “pare y siga”	Acercándose a flujo inestable Poca libertad para maniobrar Velocidades alrededor de 60 km/h	Zona estable Conductores restringidos en su libertad para seleccionar su propia velocidad Velocidades alrededor de 70 km/h	Flujo libre razonable La velocidad empieza a ser restringida por las condiciones del tránsito Velocidades alrededor de 80 km/h	Flujo libre de vehículos Bajos volúmenes de tránsito Altas velocidades de operación, de 90 km/h o más

Fuente: Elaboración propia

2) Carretera de acceso al área terminal. Estas son las que conectan la carretera primaria de acceso con los edificios terminales y los estacionamientos (Hernández, *et al.* 2011). Para el análisis de esta carretera, el indicador se medirá según la distancia desde la carretera primaria de acceso al terreno disponible para la construcción del aeropuerto. Su capacidad por vía debe ser de 900 a 1000 vehículos por hora, 2 carriles por vía y un ancho de 3.6 m por carril. Estas características fueron evaluadas por la SIECA en el estudio del Plan Maestro de Transporte Aéreo y Aeropuertos Centroamericanos. Basados en dicho estudio se define dichas características como la capacidad mínima por vía que debe cumplir la carretera de acceso al área terminal. Esta capacidad puede variar al realizarse un estudio de impacto vial, en el que se tome en cuenta la demanda aeropuerto proyectada a 20 años. En la mayoría de casos se deberá contemplar su construcción para poder conectar la carretera primaria de acceso con los edificios terminales, deberá brindar un servicio exclusivo para dicha conexión y no deberá ser de tipo colector debido a que estas tienen la función de recolectar tráfico de caminos locales, lo cual interrumpiría el buen funcionamiento de la carretera.

Tabla 117. Indicador para evaluar la distancia entre la carretera de acceso al área terminal y estacionamientos

	1	2	3	4	5
Distancia entre la carretera de acceso a la terminal y los estacionamientos	Más de 20 km	15 – 20 km	10 – 15 km	5 – 10 km	0 – 5 km

Fuente: Elaboración propia

g. Ejemplificación del uso de indicadores

1) Clasificaciones previas y dimensionamiento de superficies limitadoras de obstáculos

Para iniciar con las clasificaciones previas al análisis de indicadores, se supondrá lo siguiente: Se busca construir un aeropuerto que sea competitivo con los aeropuertos existentes en la región Centroamericana y cumplir con los estándares internacionales e instalaciones adecuadas para garantizar la seguridad de las aeronaves. Con base a lo anterior, se procederá con los pasos establecidos en la Tabla 105 y en la Tabla 120.

Tabla 118. Dimensiones de las superficies limitadoras de obstáculos.

Paso No.	Descripción	Datos
1	Aeronave crítica de diseño para la que se proyecta el aeródromo Según la SIECA, el avión más grande que viene a la región Centroamericana es el Boeing 747-100.	Longitud de campo de referencia = 3060 Envergadura = 59.6 Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal = 12.4

Continuación Tabla 118.

Paso No.	Descripción	Datos
2	Clave de referencia de aeródromo. Se determina según los datos obtenidos en el paso anterior.	Número de clave: 4 Letra de clave: E
3	Clasificación de la pista según los procedimientos de aproximación. Esta clasificación se basa en que se pretende construir un aeropuerto con instalaciones adecuadas para garantizar la seguridad de la aeronave.	Pistas de vuelo por instrumentos para aproximaciones de precisión. Para el dimensionamiento de las superficies limitadoras de obstáculos, las medidas no varían entre las tres categorías de precisión cuando el número de clave es 3 ó 4.
4	Dimensionamiento de las Superficies limitadoras de obstáculos Dimensiones correspondientes a aeródromos 4E, con pistas de vuelo por instrumentos para aproximaciones de precisión.	Las dimensiones según la clasificación del aeródromo y de la pista, se pueden ver en la Error! Not a valid bookmark self-reference..

Fuente: Elaboración propia

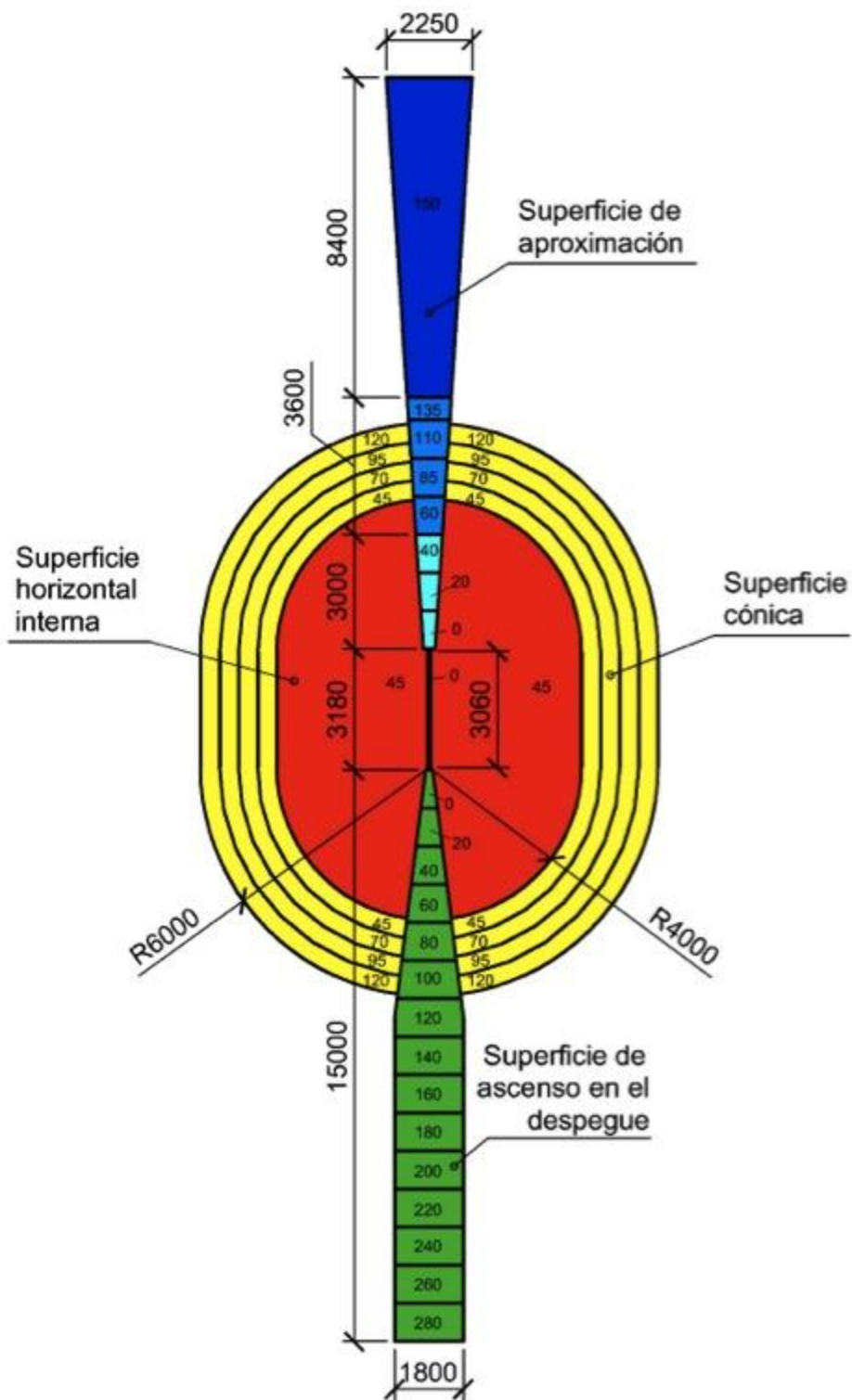
2) Información para la evaluación de indicadores. Para el análisis inicial, se utilizó el criterio de la distancia a la ciudad capital, el cual busca segmentar las posibles locaciones para ubicar el nuevo aeropuerto internacional a un radio de 50 kilómetros de distancia. Dentro del área que encierra este radio, se buscaron los sectores con mayores planicies y con pocas poblaciones en los alrededores. Tomando en cuenta estos criterios, se limitó el análisis para los siguientes departamentos:

- Escuintla
- El Progreso
- Chimaltenango
- Santa Rosa
- Sacatepéquez

La evaluación de los indicadores definidos en este estudio se realizó por medio de mapas, en los que se observa la información topográfica y las vías de acceso de los cinco departamentos. La información base para realiza dichos mapas fue adquirida en el MAGA. Los mapas fueron realizados con el programa de información geográfica Quantum GIS.

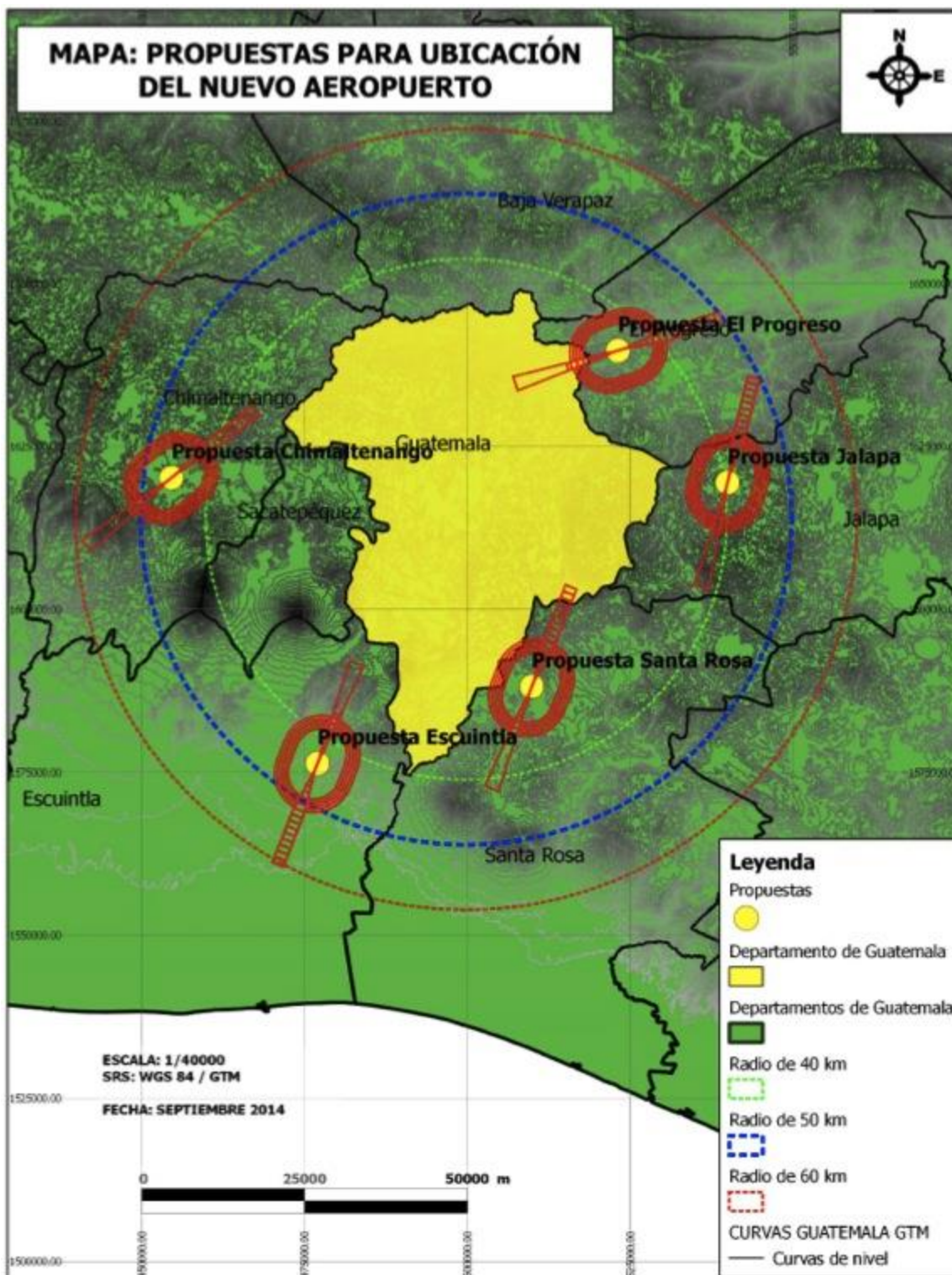
La información topográfica consta de curvas de nivel a cada 100 metros y curvas complementarias de 50 y 25 metros; sobre las cuales se proyectaron las superficies limitadoras de obstáculos. Además de las curvas de nivel, también se proyectaron las poblaciones del censo realizado en el 2,002 y los municipios de cada departamento. El análisis de las vías de acceso se realizó por medio de mapas que muestran la clasificación de la red de carreteras de Guatemala. La clasificación mostrada está en relación a la funcionalidad de las carreteras. A continuación se presentan los mapas elaborados para la evaluación de indicadores:

Figura 104. Dimensiones correspondientes a aeródromos 4E, con pistas de vuelo por instrumentos para aproximaciones de precisión



Fuente: Elaboración propia

Figura 105. Propuestas para la ubicación del nuevo aeropuerto.



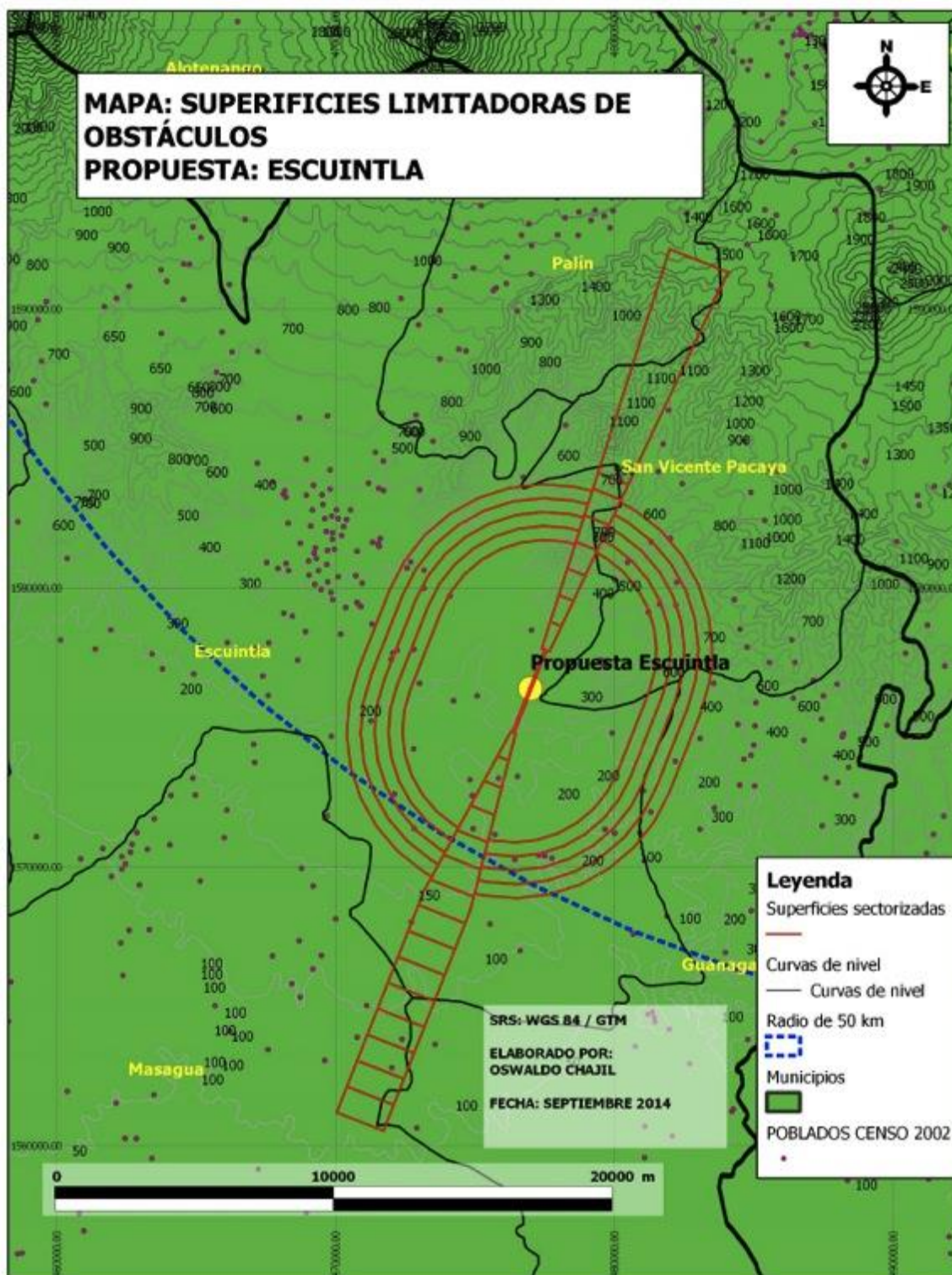
Fuente: Elaboración propia

Figura 106. Superficies limitadoras de obstáculos en El Progreso



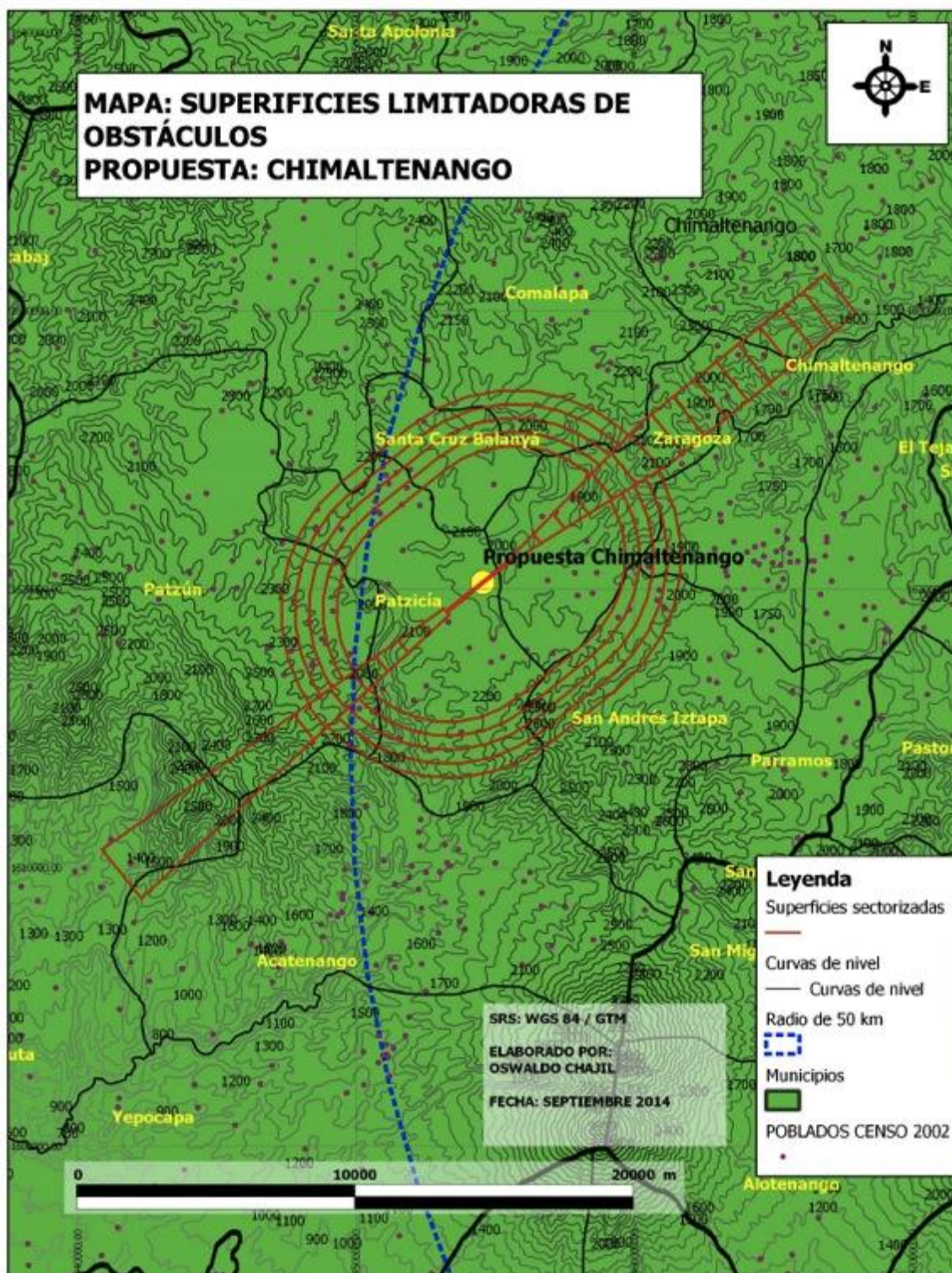
Fuente: Elaboración propia

Figura 107. Superficies limitadoras de obstáculos en Escuintla



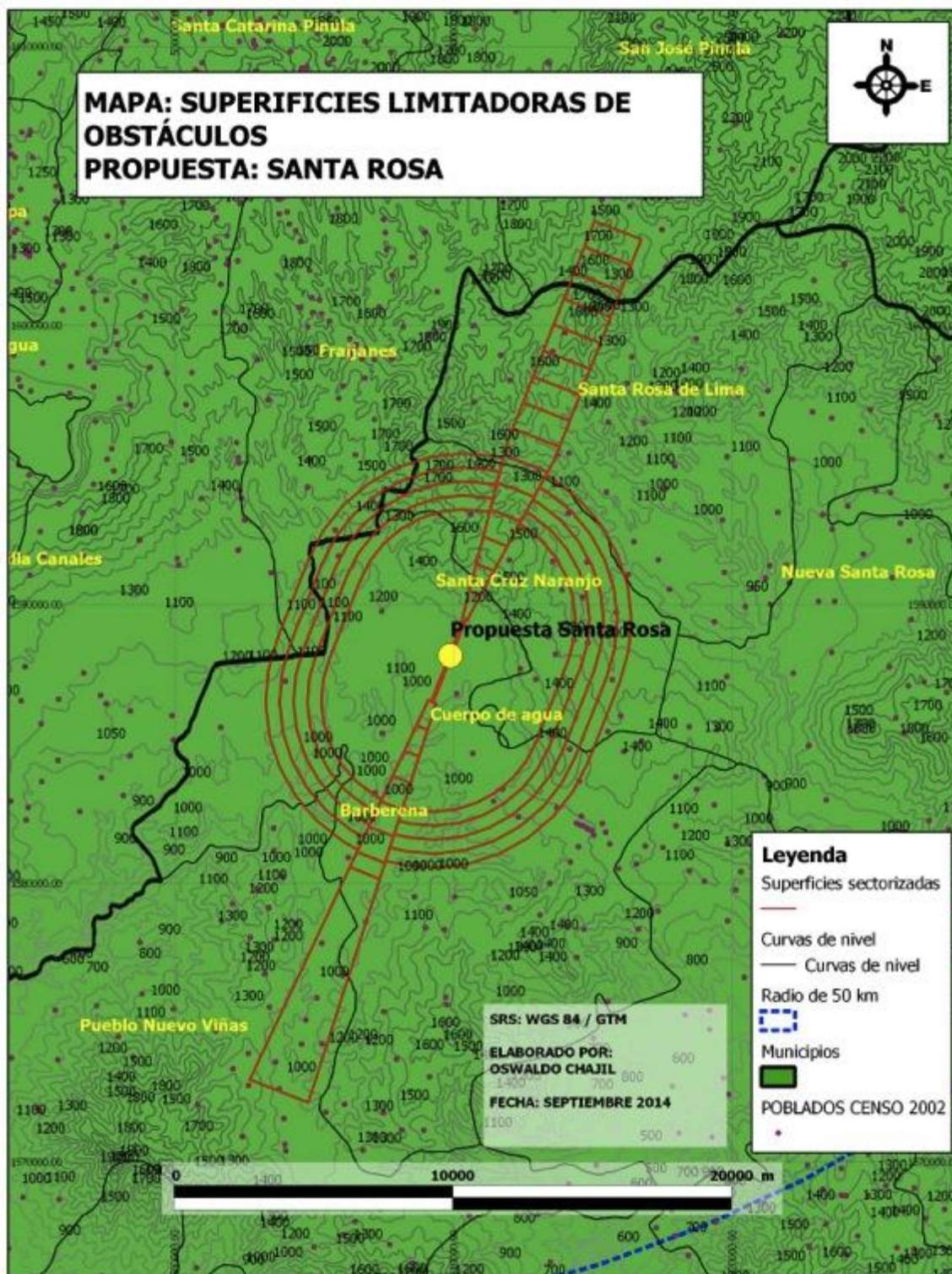
Fuente: Elaboración propia

Figura 108. Superficies limitadoras de obstáculos en Chimaltenango



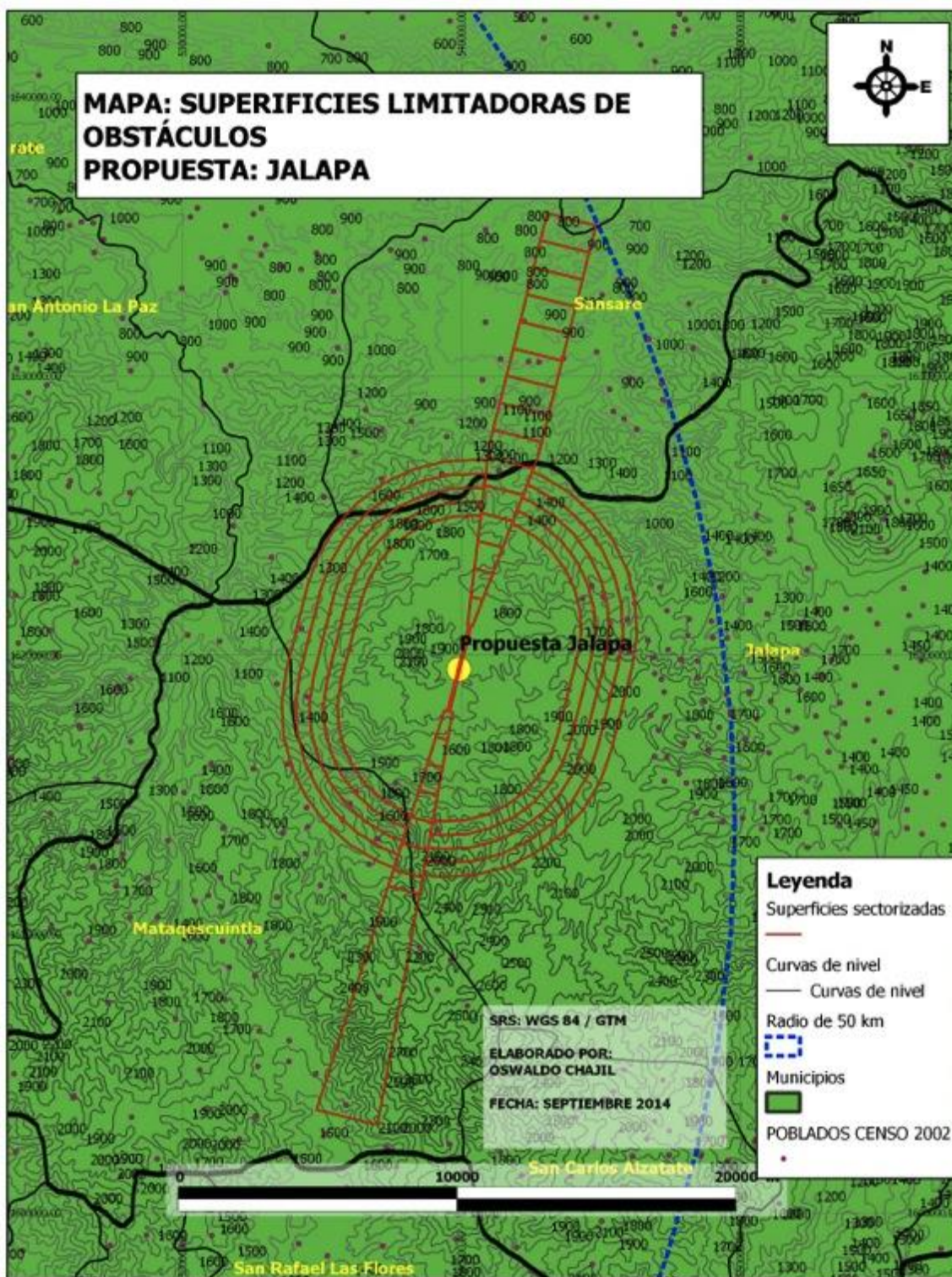
Fuente: Elaboración propia

Figura 109. Superficies limitadoras de obstáculos en San Rosa



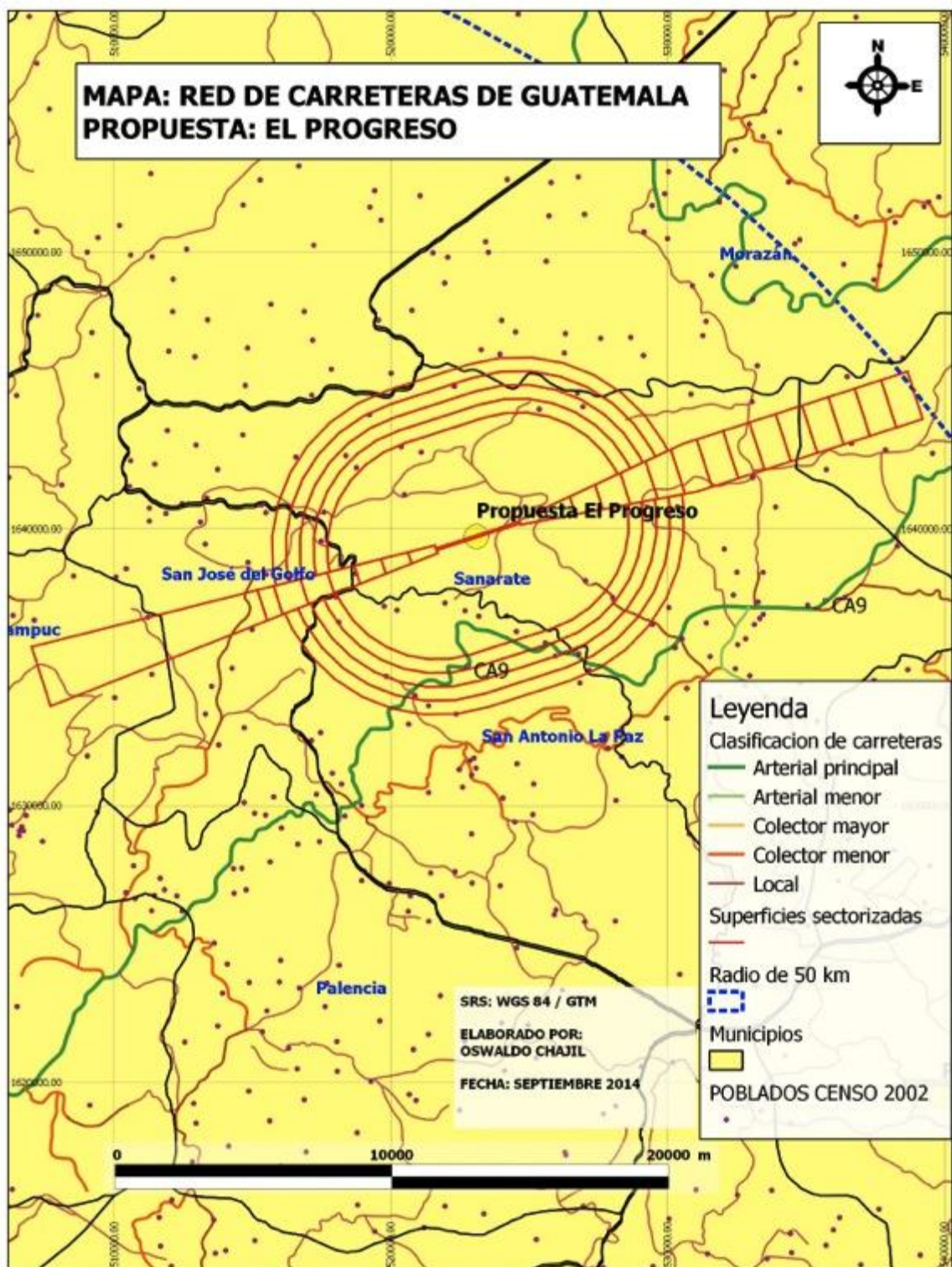
Fuente: Elaboración propia

Figura 110. Superficies limitadoras de obstáculos en Jalapa



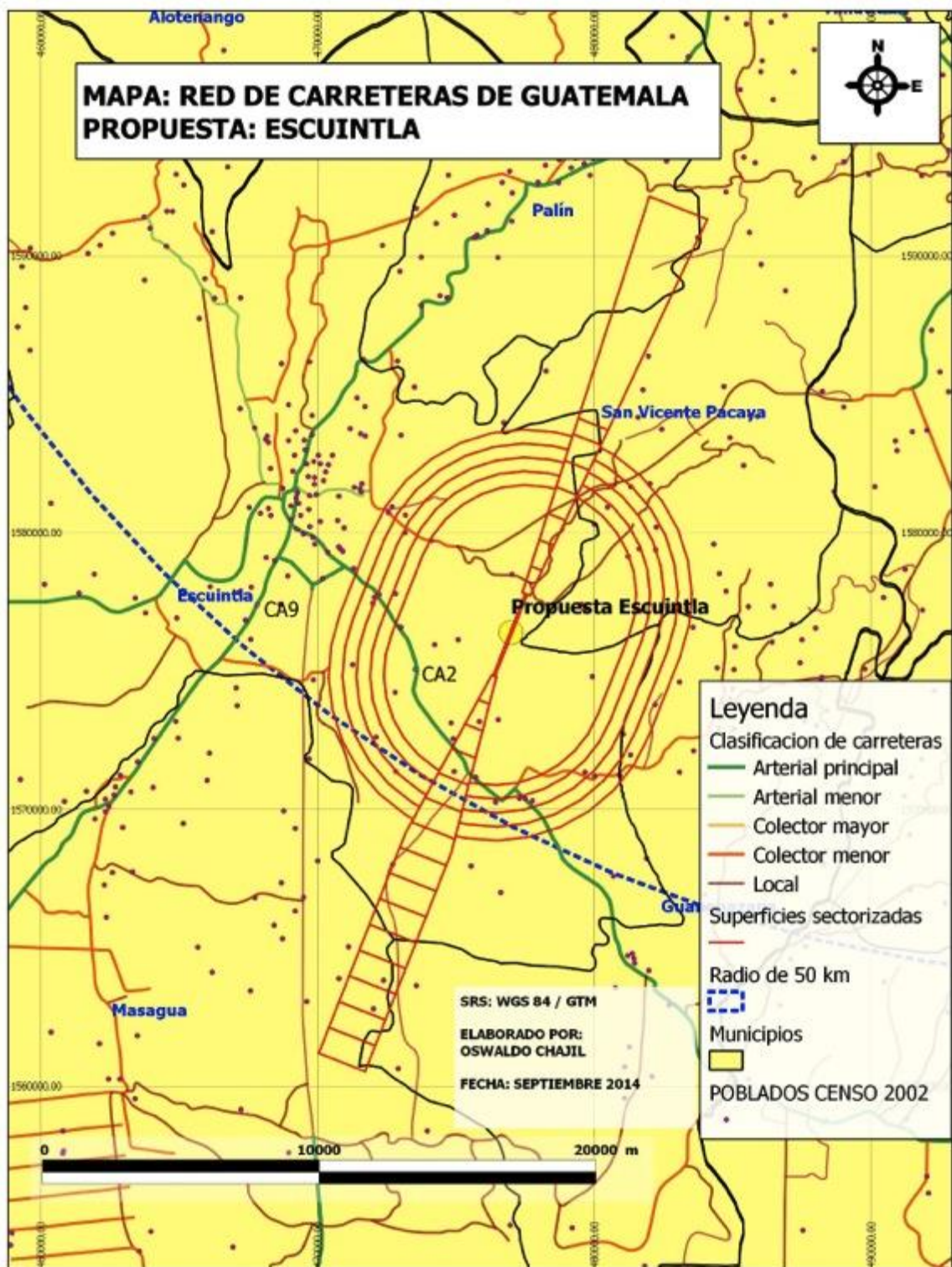
Fuente: Elaboración propia

Figura 111. Infraestructura vial en El Progreso



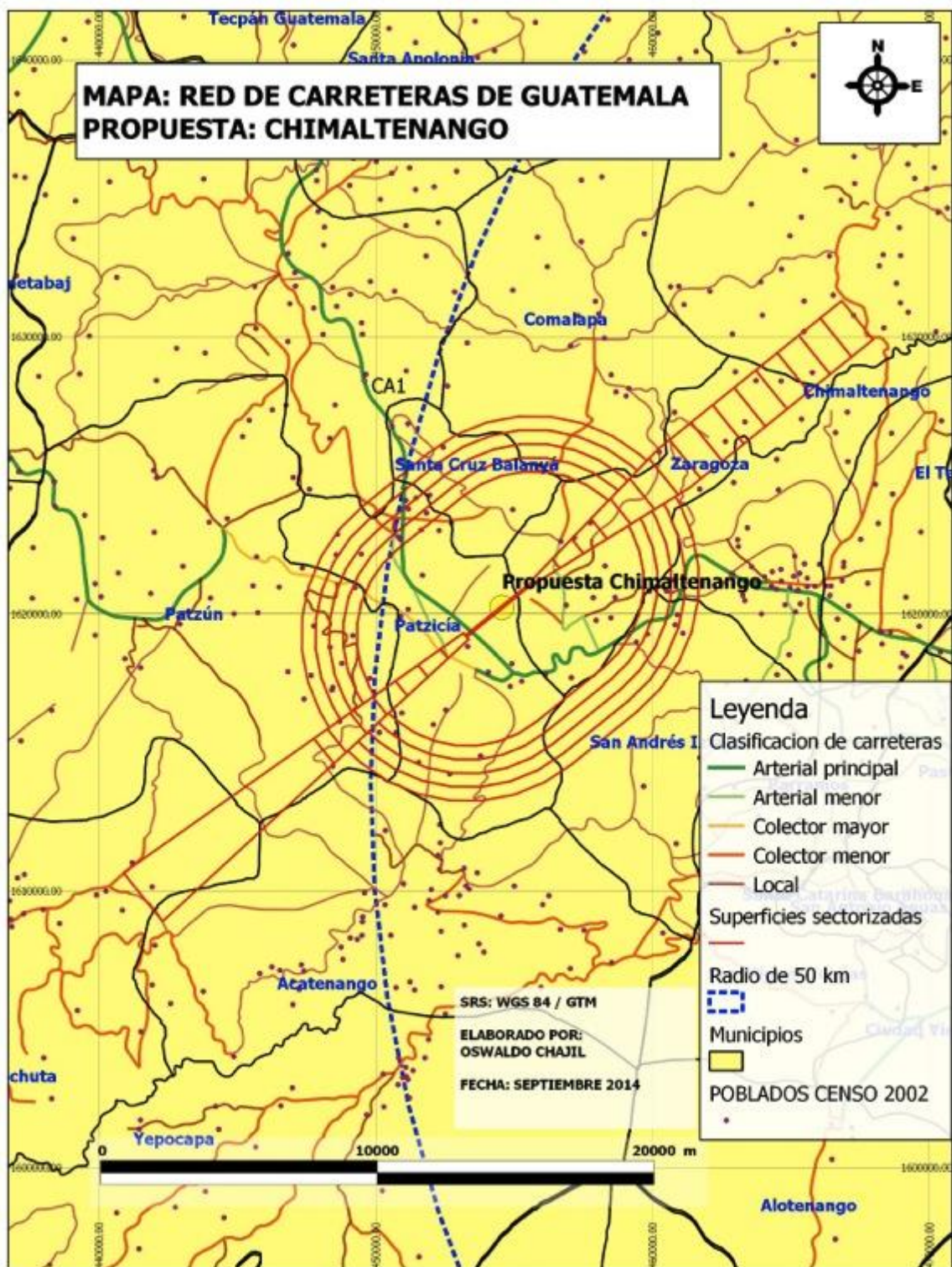
Fuente: Elaboración propia

Figura 112. Infraestructura vial en Escuintla



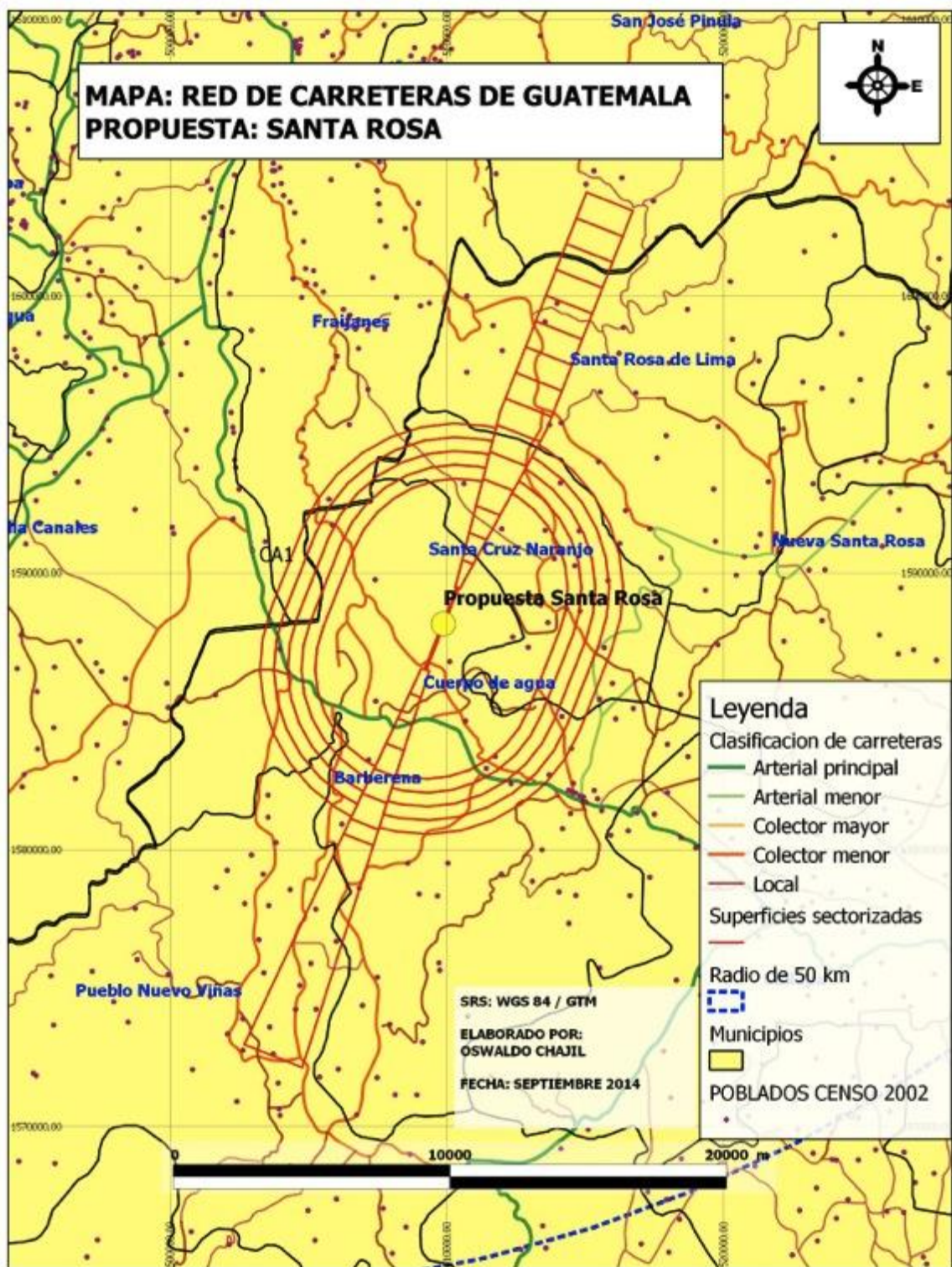
Fuente: Elaboración propia

Figura 113. Infraestructura vial en Chimaltenango



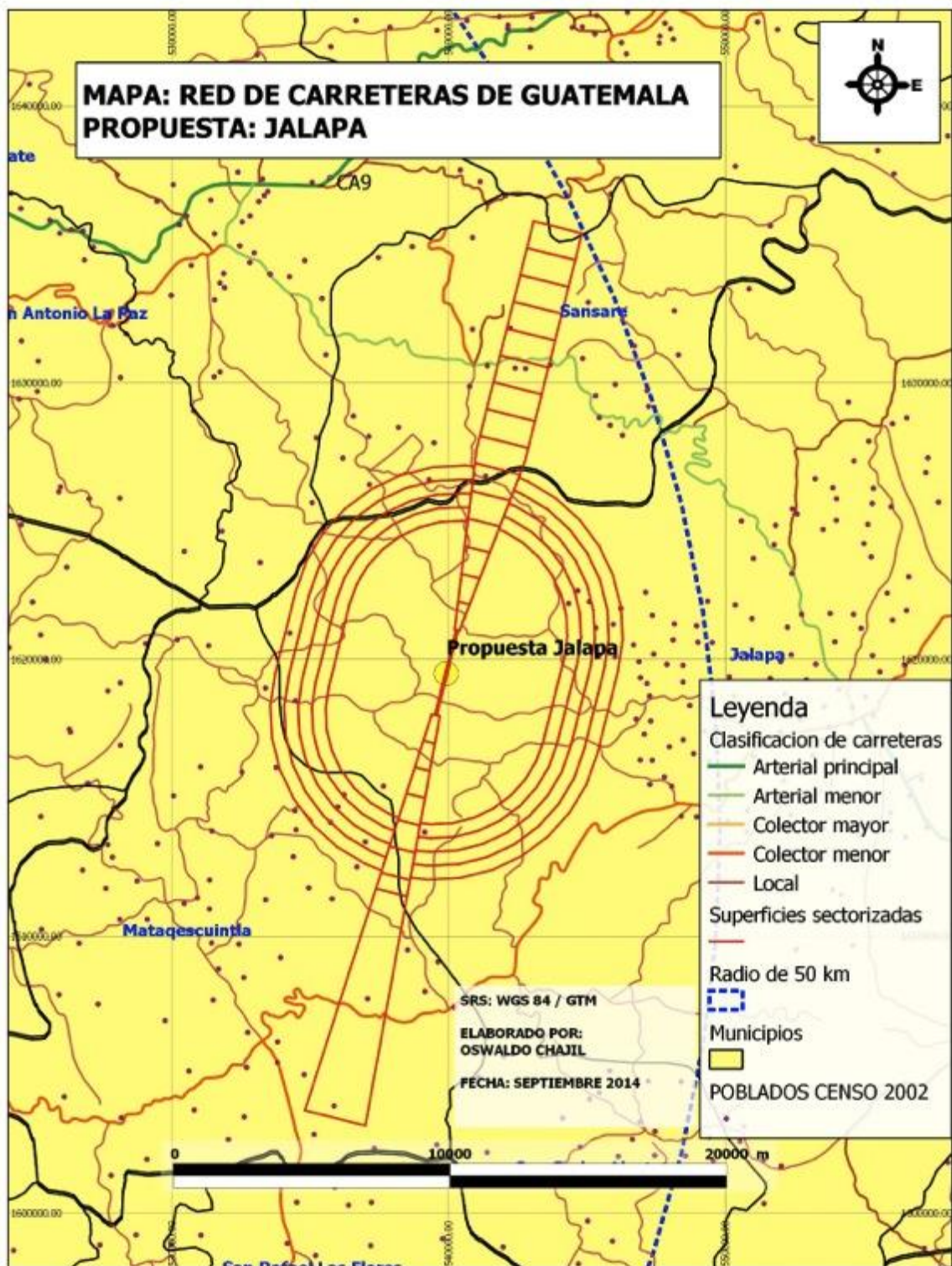
Fuente: Elaboración propia

Figura 114. Infraestructura vial en San Rosa



Fuente: Elaboración propia

Figura 115. Infraestructura vial en Jalapa



Fuente: Elaboración propia

h. Evaluación de indicadores. Con base a la información de los mapas mostrados y utilizando los criterios definidos para cada indicador, se asignaron los valores para calificar cada sitio propuesto, estos resultados se observan en la siguiente tabla.

Tabla 119. Resultado de la evaluación de sitios propuesto

No.	Descripción	Factor de Importancia (1-10)	El Progreso	Escuintla	Chimaltenango	Santa Rosa	Jalapa
1	Superficie de aproximación	8	5 40	1 8	1 8	4 32	1 8
2	Superficie de ascenso en el despegue	8	5 40	5 40	5 40	1 8	5 40
3	Superficie horizontal interna	6	5 30	1 6	1 6	1 6	1 6
4	Superficie cónica	5	1 5	1 5	1 5	1 5	1 5
5	Importancia de su ubicación en relación a las exportaciones por vía aérea	5	1 5	3 15	5 25	1 5	3 15
6	Funcionalidad de la carretera primaria de acceso	7	4 28	4 28	4 28	4 28	4 28
7	Nivel de servicio de la carretera primaria de acceso	7	4 28	4 28	3 21	4 28	2 14
8	Carretera de acceso al área terminal	8	5 40	5 40	5 40	5 40	3 24
TOTAL			216	170	173	152	140

Fuente: Elaboración propia

2. Análisis ambiental

a. Información preliminar para el análisis ambiental

1) Descripción del ambiente socioeconómico y cultural en los municipios analizados como posibles locaciones para la construcción del nuevo aeropuerto internacional para la República de Guatemala. El ambiente socioeconómico y cultural es un aspecto fundamental a tomar en cuenta para cualquier estudio de impacto ambiental, ya que a partir de estos aspectos se conocerá que tan preparadas están las comunidades para recibir cualquier tipo de proyecto y si están de acuerdo con que se realice este o no. Un estudio de impacto ambiental se enfoca también a problemas que llegan a niveles mucho más complejos y trata temas como los posibles conflictos de tierras con los pobladores de la región o analizar el impacto económico que el proyecto pueda llegar a tener en la región. Por estos motivos se aborda este tema

dentro del proyecto de la construcción de un nuevo aeropuerto para Guatemala mediante el cual se podrá reflejar las condiciones a las cuales se enfrenta y con qué recurso humano y social se cuenta en las posibles locaciones estudiadas para construir el nuevo aeropuerto.

Dentro de este capítulo se analizará los niveles social, económico y cultural; para poder dar un enfoque sobre qué tan preparados se encuentran los municipios propuestos para llevar a cabo un proyecto de esta magnitud. En inicio se dará una idea general sobre la condición actual de la República de Guatemala y posteriormente se analizarán con más detalle las posibles locaciones para la construcción de un nuevo aeropuerto internacional.

Es importante considerar que una de las limitaciones más importantes que posee este capítulo es que el último censo que se realizó en la República de Guatemala fue en el año 2002; lo que deja un margen de error en el crecimiento poblacional de más de 10 años, es decir; no se tiene un dato concreto a partir de un censo más actual para poder concluir cuantas personas habitan la República Guatemala en la actualidad. También se deben de considerar otros datos de gran importancia como el nivel de escolaridad, la actividad económica, vivienda y servicios básicos; los cuales son factores que van a incidir en la toma de una decisión respecto a cuales serían las posibles locaciones a tomar en cuenta para poder llevar a cabo la construcción de un nuevo aeropuerto internacional, pero de igual forma que el dato de la población de la República de Guatemala, estos otros se encuentran desactualizados.

2) Marco nacional. La República de Guatemala se encuentra localizada en la parte norte del istmo centroamericano; esta limita al Norte y al Oeste con la República de México; al Sur con el Océano Pacífico; al Este con Belice, el Océano Atlántico y las Repúblicas de Honduras y El Salvador. Su extensión territorial es de aproximadamente 108,889 kilómetros cuadrados. Tiene dos estaciones al año, la lluviosa, conocida como invierno y la seca, conocida como verano. Su clima es variado, de acuerdo a la topografía; por lo tanto, puede ir del clima cálido al clima templado y muy frío. La República de Guatemala está dividida en 8 regiones, integrada por 22 departamentos, divididos a su vez en 331 municipios.

Tabla 120. Departamentos y número de municipios, según región.

Región	Departamento	Número de municipios
I Metropolitana	Guatemala	17
II Norte	Alta Verapaz	16
	Baja Verapaz	8
III Nororiente	Izabal	5
	Chiquimula	11
	Zacapa	10
	El progreso	8

Continuación Tabla 120.

Región	Departamento	Número de municipios
IV Suroriente	Jutiapa	17
	Jalapa	7
	Santa Rosa	14
V Central	Chimaltenango	16
	Sacatepéquez	16
	Escuintla	13
VI Suroccidente	San Marcos	29
	Quetzaltenango	24
	Totonicapán	8
	Sololá	19
	Retalhuleu	9
	Suchitepéquez	20
VII Noroccidente	Huehuetenango	31
	Quiché	21
VIII Petén	Petén	12

Fuente: INE, Censos 2002.

De acuerdo al Censo de 2002, en el grupo de la población de 15 a 64 años de edad la proporción de alfabetos es de 71.5% y la de analfabetos es de 28.5%. Este rango de edad es amplio, pero en general este dato da una idea del amplio porcentaje de analfabetismo en nuestro país, un problema que puede generar la falta de personal preparado para llevar a cabo el proyecto de la construcción de un nuevo aeropuerto, básicamente ya en la etapa de funcionamiento de este. Otro aspecto muy importante es el nivel de escolaridad de las personas. En el Censo de 2002 se encuentra que un 50.7% han aprobado algún año de primaria, el 16.4% ha cursado algún año del nivel medio y sólo el 3.6% tiene estudios universitarios. Segmentando estos datos específicamente al área urbana, se tiene que el 48.2% del área urbana ha aprobado algún grado de primaria, el 27.1% ha cursado algún grado de secundaria y el 7% tiene estudios universitarios. Dentro del área rural el 53% de la población rural ha aprobado algún grado de primaria, el 6.5% ha cursado algún grado de secundaria y el 0.5% tiene estudios universitarios.

Tabla 121. Población de 15 a 64 años de edad, según condición de alfabetismo y sexo.

Condición de alfabetismo y sexo		Censo 2002	
		Total	%
Total	5,989,108		100.00
	Hombres	2,848,356	
	Mujeres	3,140,752	
Alfabeta	4,280,586		71.50
	Hombres	2,218,863	
	Mujeres	2,061,723	
Analfabeta	1,708,522		28.50
	Hombres	629,493	
	Mujeres	1,079,029	

Fuente: INE, Censos 2002.

Tabla 122. Población de 7 años y más de edad, según nivel de escolaridad y sexo.

Nivel de escolaridad y sexo		Censo 2002	
		Total	%
Total	8,921,367		100.00
	Hombres	4,328,450	
	Mujeres	4,592,917	
Preprimaria	99,557		1.10
	Hombres	50,563	
	Mujeres	48,994	
Primaria	4,524,597		50.70
	Hombres	2,344,863	
	Mujeres	2,179,734	
Media	1,462,520		16.40
	Hombres	745,330	
	Mujeres	717,190	
Superior	322,133		3.60
	Hombres	181,084	
	Mujeres	141,049	
Ninguno	2,512,560		28.20
	Hombres	1,006,610	
	Mujeres	1,505,950	

Fuente: INE, Censos 2002.

Tabla 123. Población urbana de 7 años y más de edad, según nivel de escolaridad y sexo.

Nivel de escolaridad y sexo		Censo 2002	
		Total	%
Total	4,227,580		100.00
	Hombres	2,039,035	
	Mujeres	2,239,545	
Preprimaria	41,869		1.00
	Hombres	20,900	
	Mujeres	20,969	
Primaria	2,062,475		48.20
	Hombres	1,016,867	
	Mujeres	1,045,608	
Media	1,159,459		27.10
	Hombres	572,078	
	Mujeres	587,381	
Superior	301,265		7.00
	Hombres	168,729	
	Mujeres	132,536	
Ninguno	712,512		16.70
	Hombres	260,461	
	Mujeres	452,051	

Fuente: INE, Censo 2002.

Tabla 124. Población rural de 7 años y más de edad, según nivel de escolaridad y sexo.

Nivel de escolaridad y sexo		Censo 2002	
		Total	%
Total	4,643,787		100.00
	Hombres	2,289,415	
	Mujeres	2,354,372	
Preprimaria	57,688		1.20
	Hombres	29,663	
	Mujeres	28,025	
Primaria	2,462,122		53.00
	Hombres	1,327,996	
	Mujeres	1,134,126	
Media	303,061		6.50
	Hombres	173,252	
	Mujeres	129,809	
Superior	20,868		0.50
	Hombres	12,355	
	Mujeres	8,513	

Continuación Tabla 124.

Nivel de Escolaridad y sexo		Censo 2002	
		Total	%
Ninguno		1,800,048	38.80
	Hombres	746,149	
	Mujeres	1,053,899	

Fuente: INE, Censos 2002.

Los datos anteriores son de suma importancia para considerar que tan preparado pueda estar el recurso humano en Guatemala para llevar a cabo un proyecto de gran magnitud como lo es la construcción de un nuevo aeropuerto internacional. Lo que se busca con determinados niveles de escolaridad es que se pueda contar con gente a la cual se pueda capacitar para trabajar en esa región dentro de las instalaciones del aeropuerto. De esta forma el nuevo aeropuerto sería a su vez una nueva fuente de trabajo y desarrollo para la región, siempre y cuando la preparación de las personas en la locación se pueda unir a otra serie de factores como servicios sanitarios o suelos con características específicas para que la construcción del aeropuerto pueda llevarse a cabo.

El nivel de escolaridad puede que no sea un factor de suma importancia durante la construcción del aeropuerto, ya que básicamente la mano de obra que pueda dar la región sería para contar con el trabajo de albañiles, los cuales no necesariamente deben mantener niveles altos de escolaridad, sin embargo este factor si es de importancia en cuanto al tema de personal que pueda ser capacitado luego para ocupar las instalaciones del nuevo aeropuerto, dándole a este proyecto también el factor de desarrollo y fuente de trabajo para una determinada región.

3. Análisis de posibles ubicaciones a tomar en cuenta para la construcción de un nuevo aeropuerto internacional. Para este proyecto se consideraron cinco posibles locaciones las cuales serán analizadas en sus características de población y servicios básicos, para dar una idea de que locaciones pueden llegar a presentar las condiciones más favorables en referencia al recurso humano y las condiciones del lugar para un desarrollo favorable del proyecto a trabajar. Estas cinco propuestas en cuestión son: Escuintla, Escuintla; Jalapa, Jalapa; Patzicía, Chimaltenango; Barberena, Santa Rosa y Sanarate, El Progreso. A continuación se enumeran los aspectos analizados para cada municipio.

- Nivel de escolaridad y alfabetización
- Población activamente económica
- Servicio agua potable
- Servicio sanitario
- Servicio de alumbrado

a. Nivel de escolaridad y alfabetización en los municipios analizados. El nivel de escolaridad y alfabetización son factores a tomar en cuenta para poder analizar de qué forma se puede llevar a cabo el proceso de comunicación del proyecto a los pobladores de la región que se desea utilizar, además de ser una fuente de información a tomar en cuenta para mostrar que tan capacitados pueden llegar a estar los pobladores para optar a una plaza de trabajo dentro del nuevo aeropuerto ya en la etapa de operación de este.

Tabla 125. Nivel de escolaridad en los municipios analizados

Departamento y municipio	Población de 7 años y más de edad							
	Población total	Nivel de escolaridad						
		Ninguno	Pre-primaria	Primaria 1-3 grado	Primaria 4-6 grado	Media 1-3 grado	Media 4-7 grado	Superior
Chimaltenango	347,707	87,654	3,909	109,071	90,931	27,390	22,895	5,867
Patzicía	18,784	5,236	146	5,348	5,288	1,385	1,087	294
Santa Rosa	241,147	63,014	1,447	73,776	67,990	18,096	13,904	2,920
Barberena	31,207	8,070	160	8,374	9,317	2,516	2,275	495
Jalapa	188,213	64,790	2,106	58,414	40,756	10,425	9,252	2,470
Jalapa	81,151	24,615	777	24,075	18,611	5,480	5,684	1,909
Escuintla	435,592	105,616	3,558	121,588	121,926	42,416	33,122	7,366
Escuintla	98,778	17,262	764	23,107	28,837	13,072	12,757	2,979
El Progreso	113,383	25,874	636	31,487	33,251	10,711	9,594	1,830
Sanarate	27,448	5,342	124	6,794	8,127	3,190	3,298	573

Fuente: Elaboración propia con datos Censales del año 2002

Tabla 126. Porcentajes de nivel de escolaridad en los municipios analizados

Departamento y municipio	Población de 7 años y más de edad							
	Población total	Nivel de escolaridad %						
		Ninguno	Pre-primaria	Primaria 1-3 grado	Primaria 4-6 grado	Media 1-3 grado	Media 4-7 grado	Superior
Chimaltenango	347,707.00	25.21	1.12	31.37	26.15	7.88	6.58	1.69
Patzicía	18,784.00	27.87	0.78	28.47	28.15	7.37	5.79	1.57
Santa Rosa	241,147.00	26.13	0.60	30.59	28.19	7.50	5.77	1.21
Barberena	31,207.00	25.86	0.51	26.83	29.86	8.06	7.29	1.59
Jalapa	188,213.00	34.42	1.12	31.04	21.65	5.54	4.92	1.31
Jalapa	81,151.00	30.33	0.96	29.67	22.93	6.75	7.00	2.35

Continuación Tabla 126.

Departamento y municipio	Población de 7 años y más de edad							
	Población total	Nivel de escolaridad %						
		Ninguno	Pre-primaria	Primaria 1-3 grado	Primaria 4-6 grado	Media 1-3 grado	Media 4-7 grado	Superior
Escuintla	435,592.00	24.25	0.82	27.91	27.99	9.74	7.60	1.69
Escuintla	98,778.00	17.48	0.77	23.39	29.19	13.23	12.91	3.02
El Progreso	113,383.00	22.82	0.56	27.77	29.33	9.45	8.46	1.61
Sanarate	27,448.00	19.46	0.45	24.75	29.61	11.62	12.02	2.09

Fuente: Elaboración propia con datos Censales del año 2002

Tabla 127. Nivel de alfabetización en los municipios analizados

Departamento y municipio	Población de 7 años y más de edad			
	Población Alfabetizada			
	Población Alfabetizada	Población Analfabetizada	% Alfabetizada	% Analfabetizada
Chimaltenango	257,271	90,436	73.99	26.01
Patzicía	13,464	5,320	71.68	28.32
Santa Rosa	177,165	63,982	73.47	26.53
Barberena	23,033	8,174	73.81	26.19
Jalapa	122,390	65,823	65.03	34.97
Jalapa	56,042	25,109	69.06	30.94
Escuintla	328,158	107,434	75.34	24.66
Escuintla	81,162	17,616	82.17	17.83
El Progreso	87,118	26,265	76.84	23.16
Sanarate	22,024	5,424	80.24	19.76

Fuente: Elaboración propia con datos Censales del año 2002

La información que se observa en las tablas anteriores muestra que la mayor parte de la población de los municipios analizados tiene un nivel de escolaridad de primaria, y por ende también muestra niveles de analfabetismo bajos, sin embargo los municipios de Escuintla y Sanarate, muestran una población alfabetizada mucho mayor que los otros municipios, lo que hace concluir que aunque todos los municipios mantengan un mismo nivel de escolaridad, en los municipios de Escuintla y Sanarate la población es mucho más preparada que en los municipios de Patzicía, Barberena y en especial de Jalapa, municipio que presenta el

índice de analfabetismo más alto de los cinco municipios analizados. Para comunicar el proyecto será factible utilizar encuestas ya que el nivel de analfabetismo no es demasiado alto en los municipios, pero si se deberá de considerar el utilizar un lenguaje sencillo dado el bajo nivel de escolaridad en los municipios. El municipio que más problemas presenta respecto a estos factores es el municipio de Jalapa, donde se encuentra el nivel de alfabetismo más bajo y el porcentaje de más alto de falta de falta de educación.

b. Población económicamente activa en los municipios analizados. El factor de población económicamente activa es importante para analizar en que se basa la economía de los municipios analizados, a que dedican las personas y que nivel de desarrollo muestran los municipios. Al conocer estos factores se pueden plantear planes de desarrollo para los municipios, colaborando a un incremento en el comercio con la construcción de un nuevo aeropuerto internacional, favoreciendo no únicamente a la región dándole un crecimiento y desarrollo, generando nuevas fuentes de trabajo, sino que también como parte de un desarrollo para la República de Guatemala.

Tabla 128. Población económicamente activa en los municipios analizados

Departamento y municipio	Población económicamente activa	Población económicamente inactiva	Población económicamente activa por categoría ocupacional (no incluye a los que buscaron trabajo por primera vez)					
			Total	Patrono(a)	Cuenta propia	Empleado(a) público(a)	Empleado(a) privado(a)	Familiar no remunerado
Chimaltenango	137,987	209,720	137,221	9,986	43,094	6,637	53,335	24,169
Patzicía	7,733	11,051	7,684	688	2,985	377	2,637	997
Santa Rosa	86,708	154,439	86,459	8,880	26,157	5,764	36,452	9,196
Barberena	12,011	19,196	11,984	1,238	2,039	566	7,712	429
Jalapa	72,872	115,341	72,659	9,854	24,732	4,384	15,637	18,045
Jalapa	30,819	50,332	30,725	3,560	10,481	2,521	7,438	6,725
Escuintla	167,352	268,240	166,564	12,287	40,159	12,123	94,601	7,394
Escuintla	41,138	57,640	40,874	2,616	10,922	3,269	22,434	1,633
El Progreso	40,726	72,657	40,504	2,560	15,863	3,349	15,542	3,190
Sanarate	10,200	17,248	10,103	1,113	3,253	717	4,127	893

Fuente: Elaboración propia con datos Censales del año 2002

Tabla 129. Porcentaje de población económicamente activa en los municipios analizados

Departamento y Municipio	% de la población económicamente activa	% de la población económicamente inactiva
Chimaltenango	39.68	60.32
Patzicía	41.17	58.83
Santa Rosa	35.96	64.04
Barberena	38.49	61.51

Continuación Tabla 129.

Departamento y Municipio	% de la población económicamente activa	% de la población económicamente inactiva
Jalapa	38.72	61.28
Jalapa	37.98	62.02
Escuintla	38.42	61.58
Escuintla	41.65	58.35
El Progres	35.92	64.08
Sanarate	37.16	62.84

Fuente: Elaboración propia con datos Censales del año 2002

Las tablas anteriores muestran que los municipios analizados muestran un alto índice de inactividad económica, lo cual da la pauta para analizar fuertes planes de desarrollo para todos estos. Este aspecto más que llegar a considerarse como un factor negativo puede ser una oportunidad de desarrollo, no únicamente para la región donde se pueda llevar a cabo la construcción, sino que una oportunidad de mejora y desarrollo para todo el país. Es importante considerar que el tema de la construcción de un nuevo aeropuerto no traerá beneficios únicamente a la región donde se llegue a construir el nuevo aeropuerto internacional, sino será un tema de interés y desarrollo nacional.

c. Servicio de agua potable en los municipios analizados. El servicio de agua potable es un factor a considerar para el abastecimiento de agua en la región donde se desee construir el nuevo aeropuerto internacional. Esta sección analiza la disponibilidad que poseen los municipios de acceder a este servicio y como se distribuye. Más adelante, en el capítulo de abastecimiento de aguas, se analizará más a profundidad que tan buena es la calidad del agua que se abastece y si los servicios de drenajes se encuentran en condiciones óptimas para dar un buen servicio.

Tabla 130. Hogares por tipo de servicio de agua potable en los municipios analizados

Departamento y municipio	Total hogares	Hogares por tipo de servicio de agua potable						
		Chorro			Pozo	Camión o tonel	Río, lago o manantial	Otro tipo
		De uso exclusivo	Para varios hogares	Público (fuera de local)				
Chimaltenango	83,516	55,988	3,016	7,280	12,881	569	1,909	1,873
Patzicía	4,628	1,311	26	534	2,555	14	95	93
Santa Rosa	62,559	39,932	2,019	3,858	11,018	1,035	3,108	1,589
Barberena	8,195	5,005	114	600	1,315	704	343	114

Continuación Tabla 130.

Departamento y municipio	Total hogares	Hogares por tipo de servicio de agua potable						
		Chorro			Pozo	Camión o tonel	Río, lago o manantial	Otro tipo
		De uso exclusivo	Para varios hogares	Público (fuera de local)				
Jalapa	46,259	32,400	1,443	3,127	6,597	60	2,037	595
Jalapa	20,115	14,985	888	601	2,354	29	993	265
Escuintla	116,043	55,714	6,705	2,355	46,538	663	1,974	2,094
Escuintla	26,235	17,402	2,621	872	4,188	215	514	423
El Progreso	30,038	24,042	442	1,009	2,312	240	1,301	692
Sanarate	7,264	5,201	96	343	1,099	153	273	99

Fuente: Elaboración propia con datos Censales del año 2002

Tabla 131. Porcentaje de tipo de servicio de agua potable en los municipios analizados

Departamento y municipio	Total hogares	Porcentaje tipo de servicio de agua potable						
		Chorro			% Pozo	% Camión o tonel	% Río, lago o manantial	% Otro tipo
		% De uso exclusivo	% Para varios hogares	% Público (fuera de local)				
Chimaltenango	83,516	67.04	3.61	8.72	15.42	0.68	2.29	2.24
Patzicía	4,628	28.33	0.56	11.54	55.21	0.30	2.05	2.01
Santa Rosa	62,559	63.83	3.23	6.17	17.61	1.65	4.97	2.54
Barberena	8,195	61.07	1.39	7.32	16.05	8.59	4.19	1.39
Jalapa	46,259	70.04	3.12	6.76	14.26	0.13	4.40	1.29
Jalapa	20,115	74.50	4.41	2.99	11.70	0.14	4.94	1.32
Escuintla	116,043	48.01	5.78	2.03	40.10	0.57	1.70	1.80
Escuintla	26,235	66.33	9.99	3.32	15.96	0.82	1.96	1.61
El Progreso	30,038	80.04	1.47	3.36	7.70	0.80	4.33	2.30
Sanarate	7,264	71.60	1.32	4.72	15.13	2.11	3.76	1.36

Fuente: Elaboración propia con datos Censales del año 2002

Las tablas anteriores muestran la distribución del servicio sanitario en los municipios analizados, como se observa en su mayoría se tienen chorros de uso exclusivo, aunque en porcentajes bajo, pero únicamente en el municipio de Patzicía se observa un porcentaje abajo del 50%, aunque este municipio tiene una gran utilización de pozos. En términos generales en el tema de abastecimiento de aguas se puede concluir que la

infraestructura de drenajes de los municipios analizados es pobre dados los bajos porcentajes que se observan en chorros de uso exclusivo, ya que ninguno llega al 75%, por lo que se concluye que el abastecimiento de agua en estos municipios no se daría abasto para el nuevo aeropuerto internacional, lo que hace necesaria una planta de tratamiento de aguas para este. Esta sección muestra una pequeña introducción al abastecimiento de aguas en los municipios analizados, más adelante se tratará más a profundidad este tema y se justificarán las conclusiones mencionadas.

d. Servicio sanitario en los municipios analizados. Este factor va de la mano con el servicio de agua potable y busca analizar la capacidad de los drenajes de los municipios estudiados y concluir si estos se darán abasto para recibir el aumento en la carga que generará el nuevo aeropuerto internacional. Como hipótesis, según la sección anterior, se tiene que los drenajes no se darán abasto dándole énfasis a la implementación de la planta de tratamiento de aguas para el nuevo aeropuerto. Para comprobar la hipótesis, a continuación se muestran las tablas de servicios sanitarios y su distribución tomadas del Censo de 2002.

Tabla 132. Hogares que disponen de servicio sanitario en los municipios analizados

Departamento y municipio	Total de hogares que disponen de servicio sanitario	Total de hogares que no disponen de servicio sanitario	% de hogares que disponen de servicio sanitario	% de hogares que no disponen de servicio sanitario
Chimaltenango	78,009	5,507	93.41	6.59
Patzicía	4,456	172	96.28	3.72
Santa Rosa	62,559	11,939	83.97	16.03
Barberena	8,195	799	91.12	8.88
Jalapa	32,484	13,775	70.22	29.78
Jalapa	16,037	4,078	79.73	20.27
Escuintla	98,691	17,352	85.05	14.95
Escuintla	24,449	1,786	93.19	6.81
El Progreso	26,243	3,795	87.37	12.63
Sanarate	6,384	880	87.89	12.11

Fuente: Elaboración propia con datos Censales del año 2002

Tabla 133. Servicio sanitario de uso exclusivo para el hogar

Departamento y municipio	De uso exclusivo para el hogar					% Red de drenaje	% Fosa séptica	% escusado lavable, letrina o pozo ciego
	Total	Inodoro conectado a		Excusado lavable	Letrina o pozo ciego			
		Red de drenaje	Fosa séptica					
Chimaltenango	74,208	31,191	2,858	1,901	38,258	42.03	3.85	54.12
Patzicía	4,396	1,710	132	81	2,473	38.90	3.00	58.10
Santa Rosa	48,448	11,189	4,171	7,803	25,285	23.09	8.61	68.30
Barberena	7,261	2,038	449	859	3,915	28.07	6.18	65.75
Jalapa	31,042	9,711	1,790	3,146	16,395	31.28	5.77	62.95
Jalapa	15,118	4,949	505	1,424	8,240	32.74	3.34	63.92
Escuintla	89,665	39,365	12,853	8,992	28,455	43.90	14.33	41.76
Escuintla	21,726	14,819	1,095	1,577	4,235	68.21	5.04	26.75
El Progreso	25,791	5,882	3,838	2,476	13,595	22.81	14.88	62.31
Sanarate	6,262	2,108	1,031	449	2,674	33.66	16.46	49.87

Fuente: Elaboración propia con datos Censales del año 2002

Tabla 134. Servicio sanitario compartido entre varios hogares

Departamento y municipio	Compartido entre varios hogares					% Red de drenaje	% Fosa séptica	% escusado lavable, letrina o pozo ciego
	Total	Inodoro conectado a		Excusado lavable	Letrina o pozo ciego			
		Red de drenaje	Fosa séptica					
Chimaltenango	3,801	2,049	113	96	1,543	53.91	2.97	43.12
Patzicía	60	17	10	1	32	28.33	16.67	55.00
Santa Rosa	2,172	967	111	293	801	44.52	5.11	50.37
Barberena	135	45	6	16	68	33.33	4.44	62.22
Jalapa	1,442	685	78	129	550	47.50	5.41	47.09
Jalapa	919	565	43	76	235	61.48	4.68	33.84
Escuintla	9,026	5,135	905	655	2,331	56.89	10.03	33.08
Escuintla	2,723	2,317	53	122	231	85.09	1.95	12.96
El Progreso	452	110	92	21	229	24.34	20.35	55.31
Sanarate	122	6	37	10	69	4.92	30.33	64.75

Fuente: Elaboración propia con datos Censales del año 2002

Tabla 135. Distribución del servicio sanitario, exclusivo y compartido entre varios hogares

Departamento y municipio	Total servicio sanitario disponible	% Red de drenaje exclusivo hogar	% Fosa séptica exclusivo hogar	% escusado lavable, letrina o pozo ciego exclusivo hogar	% Red de drenaje compartido varios hogares	% Fosa séptica compartido varios hogares	% escusado lavable, letrina o pozo ciego Compartido varios hogares
Chimaltenango	78,009	39.98	3.66	51.48	2.63	0.14	2.10
Patzicía	4,456	38.38	2.96	57.32	0.38	0.22	0.74
Santa Rosa	50,620	22.10	8.24	65.37	1.91	0.22	2.16
Barberena	7,396	27.56	6.07	64.55	0.61	0.08	1.14
Jalapa	32,484	29.89	5.51	60.16	2.11	0.24	2.09
Jalapa	16,037	30.86	3.15	60.26	3.52	0.27	1.94
Escuintla	98,691	39.89	13.02	37.94	5.20	0.92	3.03
Escuintla	24,449	60.61	4.48	23.77	9.48	0.22	1.44
El Progreso	26,243	22.41	14.62	61.24	0.42	0.35	0.95
Sanarate	6,384	33.02	16.15	48.92	0.09	0.58	1.24

Fuente: Elaboración propia con datos Censales del año 2002

Como se observa en la tabla de disposición de servicio sanitario, pareciera que los municipios estudiados presentan buen servicio sanitario, pero si se analiza la tabla de porcentajes de distribución del servicio sanitario, el porcentaje de redes de drenaje exclusivos para el hogar en los municipios analizados varía entre 25% y 40% aproximadamente, únicamente Escuintla se encuentra arriba del 50% en servicio de red de drenajes y aun siendo el municipio con mejor servicio de los analizados, su porcentaje apenas pasa el 60%. Los porcentajes más altos se encuentran en los excusados lavables o letrinas, por lo cual se puede concluir que la hipótesis que se planteó al principio de la sección es correcta; los sistemas de drenajes de los municipios estudiados presentan una infraestructura muy débil y con falta de capacidad para poder soportar el incremento de la demanda que traería un nuevo aeropuerto internacional, inclusive los sistemas de drenajes actuales no son suficientes para las condiciones presentes de los municipios, por lo cual se reafirma el hecho de que se debe de construir una planta de tratamiento de aguas que apoye al nuevo aeropuerto internacional con el tema de abastecimiento de agua potable y drenajes.

e. Servicio de alumbrado en los municipios analizados. El servicio eléctrico para un aeropuerto es un tema fundamental, un aeropuerto no puede llegar a quedarse sin energía eléctrica, esto representaría muchos problemas como retrasos en vuelos o que los aviones que fueran llegando no pudieran aterrizar, lo que arruinaría la credibilidad del aeropuerto y con esto su rentabilidad.

Se debe de considerar el tener una fuente alternativa de energía para el caso de una emergencia, como una planta alterna, para prepararse al momento de que hubiese una falla, ya que siempre existe el riesgo de que pueda llegar a suceder. Para conocer que tan propensos son los municipios a que exista un fallo en la red eléctrica se analizará la disponibilidad del servicio de alumbrado en los municipios estudiados.

Tabla 136.Hogares por tipo de alumbrado que disponen en los municipios analizados

Departamento y municipio	Total de hogares	Hogares por tipo de alumbrado que disponen				
		Eléctrico	Panel solar	Gas corriente	Candela	Otro tipo
Chimaltenango	83,516	75,219	375	1,247	6,639	36
Patzicía	4,628	4,254	18	29	327	0
Santa Rosa	62,559	51,341	311	2,759	8,079	69
Barberena	8,195	7,471	28	73	620	3
Jalapa	46,259	36,028	214	4,214	5,640	163
Jalapa	20,115	16,332	77	1,430	2,239	37
Escuintla	116,043	96,352	692	3,767	15,073	159
Escuintla	26,235	23,913	140	245	1,927	10
El Progreso	30,038	25,490	648	1,399	2,404	97
Sanarate	7,264	6,772	83	89	318	2

Fuente: Elaboración propia con datos Censales del año 2002

Tabla 137.Porcentaje de los tipos de alumbrado en los municipios analizados

Departamento y municipio	Total de hogares	% Hogares por tipo de alumbrado que disponen				
		% Eléctrico	% Panel solar	% Gas corriente	% Candela	% Otro tipo
Chimaltenango	83,516	90.07	0.45	1.49	7.95	0.04
Patzicía	4,628	91.92	0.39	0.63	7.07	0.00
Santa Rosa	62,559	82.07	0.50	4.41	12.91	0.11
Barberena	8,195	91.17	0.34	0.89	7.57	0.04
Jalapa	46,259	77.88	0.46	9.11	12.19	0.35
Jalapa	20,115	81.19	0.38	7.11	11.13	0.18
Escuintla	116,043	83.03	0.60	3.25	12.99	0.14
Escuintla	26,235	91.15	0.53	0.93	7.35	0.04
El Progreso	30,038	84.86	2.16	4.66	8.00	0.32
Sanarate	7,264	93.23	1.14	1.23	4.38	0.03

Fuente: Elaboración propia con datos Censales del año 2002

Como se puede observar en las tablas anteriores, el índice de servicio de alumbrado para los municipios analizados es muy bueno. El municipio que presenta el índice de servicio de alumbrado más bajo es Jalapa, pero con un 81.19%, lo cual muestra que en los municipios analizados existe buena cobertura de energía eléctrica, lo que disminuye el riesgo de que exista ausencia de esta energía en la región, pero como se mencionó, la posibilidad de un apagón o la ausencia de energía eléctrica no deja de ser un riesgo para el aeropuerto, por lo que se debe de considerar el construir una planta de energía de emergencia para que el aeropuerto esté preparado ante cualquier eventualidad que se pudiera llegar a presentar.

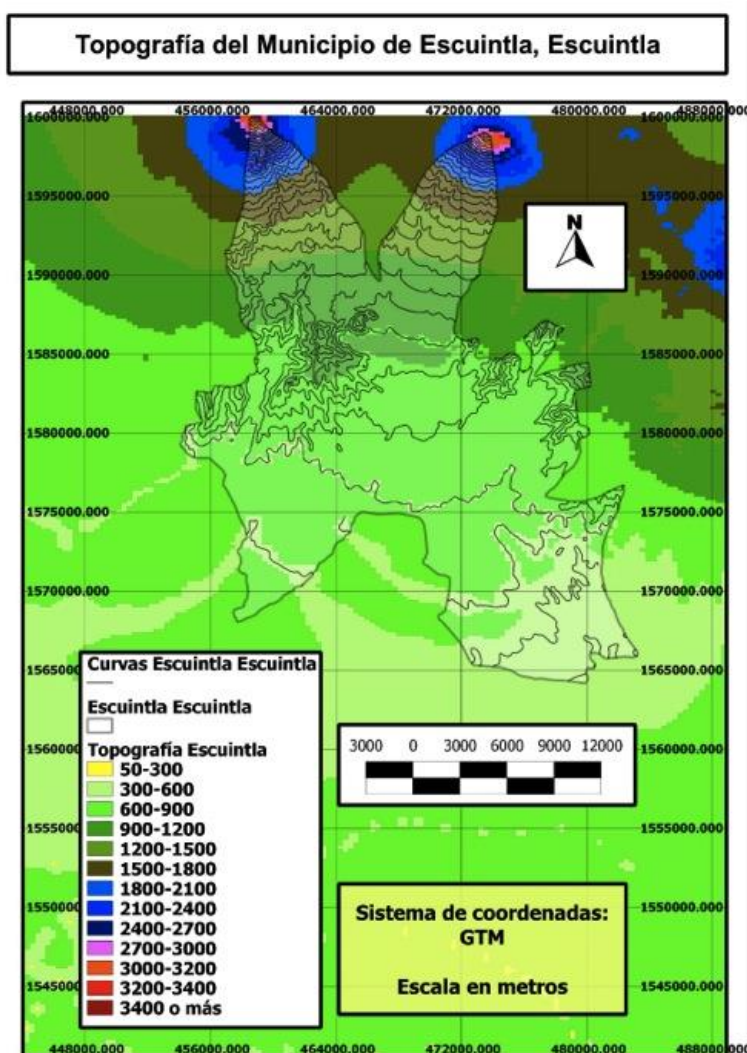
4. Geografía y topografía de los municipios analizados. Este capítulo se enfoca en analizar el terreno a disposición en las áreas de estudio para la construcción de un nuevo aeropuerto internacional para la República de Guatemala, locaciones que son los municipios de Escuintla, Patzicía, Barberena, Jalapa y Sanarate. Dentro de este capítulo se analizarán los aspectos de geografía y topografía de los terrenos de los departamentos para poder analizar cuales presentan las mejores condiciones para poder llevar a cabo el proyecto de la construcción del nuevo aeropuerto.

El aspecto geográfico es de suma importancia para el tema de obstáculos, los cuales pueden dificultar el aterrizaje o despegue de aviones, y es de mucha importancia este aspecto en temas de seguridad para el aeropuerto y sus usuarios. El tema topográfico, más que con la seguridad, tiene que ver con la facilidad del despegue de aviones, temas más técnicos y de ahorro en términos de combustible y construcción para este, ya que terrenos donde se debe realizar muchos cortes o rellenos pueden incurrir en gastos mayores a los que se harían en terrenos más adaptados para este tipo de proyectos, por lo que se busca el terreno más apto entre estas opciones.

a. Geografía de Escuintla, Escuintla. El departamento de Escuintla está ubicado en la Región V (Central) del país. Ocupa una superficie aproximada de 4,384 Km² y su cabecera departamental, Escuintla, se ubica aproximadamente a 347 metros sobre el nivel del mar y tiene una extensión territorial de 332 kilómetros cuadrados; este municipio cuenta con una cabecera municipal, dos aldeas y 14 caseríos. En 2010, a lo largo de sus 13 municipios vivían poco más de 685 mil personas. El municipio de Escuintla limita al norte con Yepocapa, Chimaltenango y Alotenango, Sacatepéquez; al este con Palín, San Vicente Pacaya y Guanagazapa, Escuintla; al sur con Masagua, Escuintla y al oeste con La Democracia, Siquinalá y Santa Lucía Costzumalguapa, Escuintla. (PNUD, 2011)

b. Topografía de Escuintla, Escuintla. El territorio del municipio de Escuintla tiene siete montañas y once ríos. Lo riegan nueve riachuelos, además de contar con 21 quebradas. El siguiente mapa muestra la topografía del municipio de Escuintla. (Instituto de Estudios y Capacitación Cívica, COMODES, 2001)

Figura 116. Mapa topográfico del municipio de Escuintla

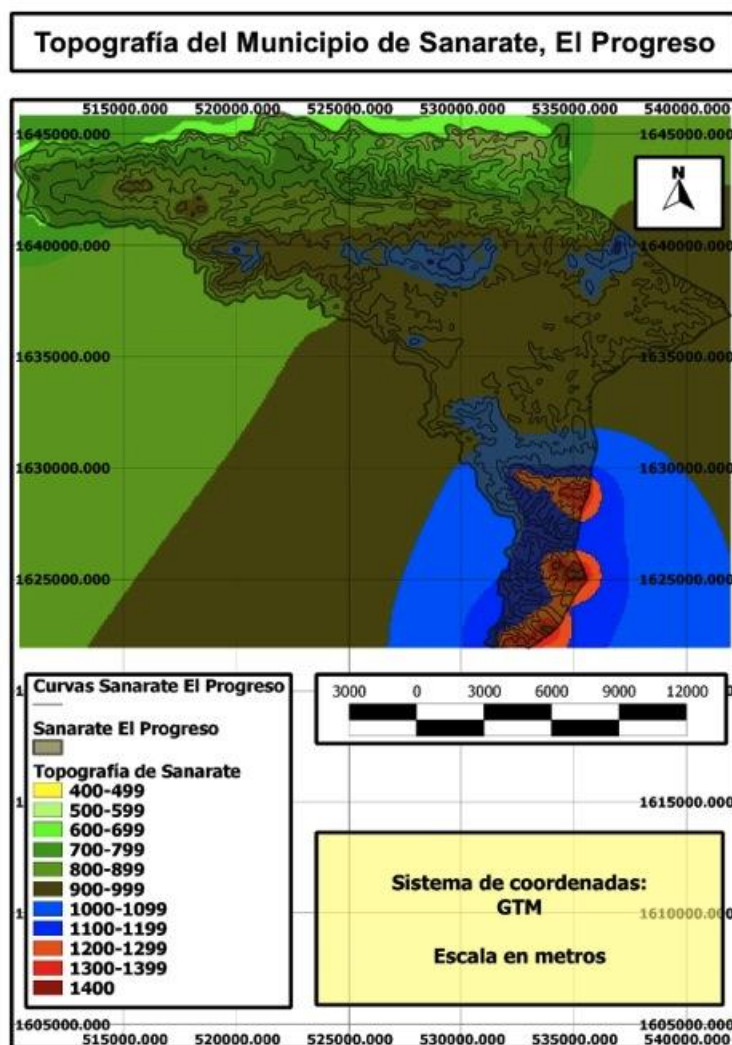


Fuente: Curvas tomadas de Instituto Geográfico Nacional, IGN, 2005.

c. Geografía de Sanarate, El Progreso. El departamento de El Progreso está ubicado en la Región III (Nororiente) del país. Su territorio ocupa una superficie aproximada de 1,922 km² y su municipio, Sanarate, Colinda al norte con Morales, El Progreso y Salamá, Baja Verapaz; al este con El Progreso y Sansare, El Progreso; al sur con Jalapa, Jalapa y Sansare, El Progreso; al oeste con San Antonio La Paz, El Progreso, San José del Golfo y Chuarrancho, Guatemala. El municipio de Sanarate cuenta con una extensión territorial de 273 kilómetros cuadrados, donde encontramos 1 pueblo, 25 aldeas y 48 caseríos. (Instituto Geográfico Nacional, 1976)

d. Topografía de Sanarate, El Progreso. Sanarate muestra tierras altas hacia el sur y el centro, así como relativamente bajas en el extenso y accidentado valle del río Grande o Motagua. La parte oeste del municipio cuenta con bastantes cerros, entre los que se destaca el conocido localmente como Piedra de Cal. A continuación se muestra el mapa topográfico del municipio de Sanarate. (Instituto Geográfico Nacional, 1976)

Figura 117. Mapa topográfico del municipio de Sanarate

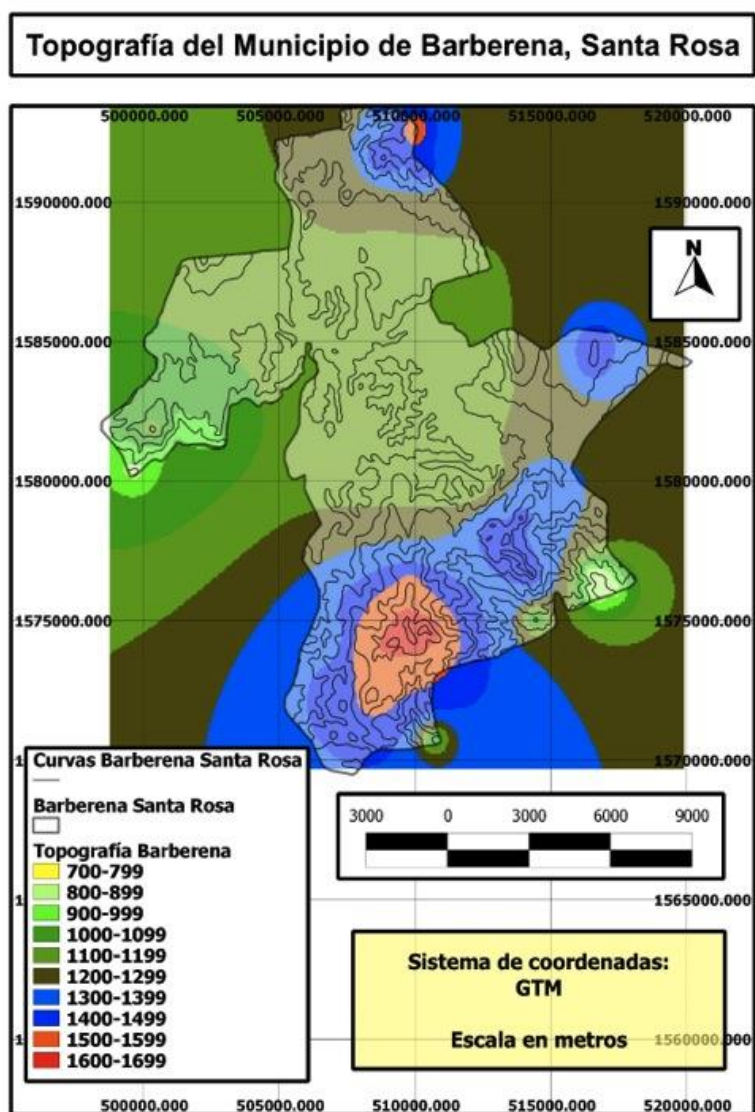


Fuente: Curvas tomadas de Instituto Geográfico Nacional, IGN, 2005

e. Geografía Barberena, Santa Rosa. El departamento de Santa Rosa está ubicado en la Región IV (Suroriente) del país. Este ocupa una superficie aproximada de 2,955 km². El municipio de Barberena limita al norte con Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa; y Fraijanes, Guatemala; al este con Nueva Santa Rosa y Cuilapa, Santa Rosa; al sur con Pueblo Nuevo Viñas, Santa Rosa; y Villa Canales, Guatemala. Según el Instituto Geográfico Nacional (IGN) el municipio tiene una extensión territorial de 294 km². El municipio cuenta con 1 pueblo, 8 aldeas y 5 caseríos. (Instituto Geográfico Nacional, 1976)

f. Topografía de Barberena, Santa Rosa. El municipio de Barberena se caracteriza por contar con numerosas elevaciones, se pueden mencionar el volcán Cerro Redondo, las montañas De las Minas y El Colorado, así como con los cerros: Alto, Calderas, De los Bueyes, De los Frijoles, De la Cruz, El Carmen, El Cerrón, El Coyolito, El Infiernillo, El Maguey, El Matasano, El Morador, El Perol, El Pinal, El Porvenir, El Sordo, La Casita, La Torre, La Vega, Las Mercedes, Los Murciélagos, Loma China, Miramundo, Monteverde, Ojo de Agua, El Pelado, El Redondo, San Luis El Volcancito y San Roberto. La Figura 9 muestra el mapa topográfico del municipio de Barberena. (Instituto Geográfico Nacional, 1976)

Figura 118. Mapa topográfico del municipio de Barberena

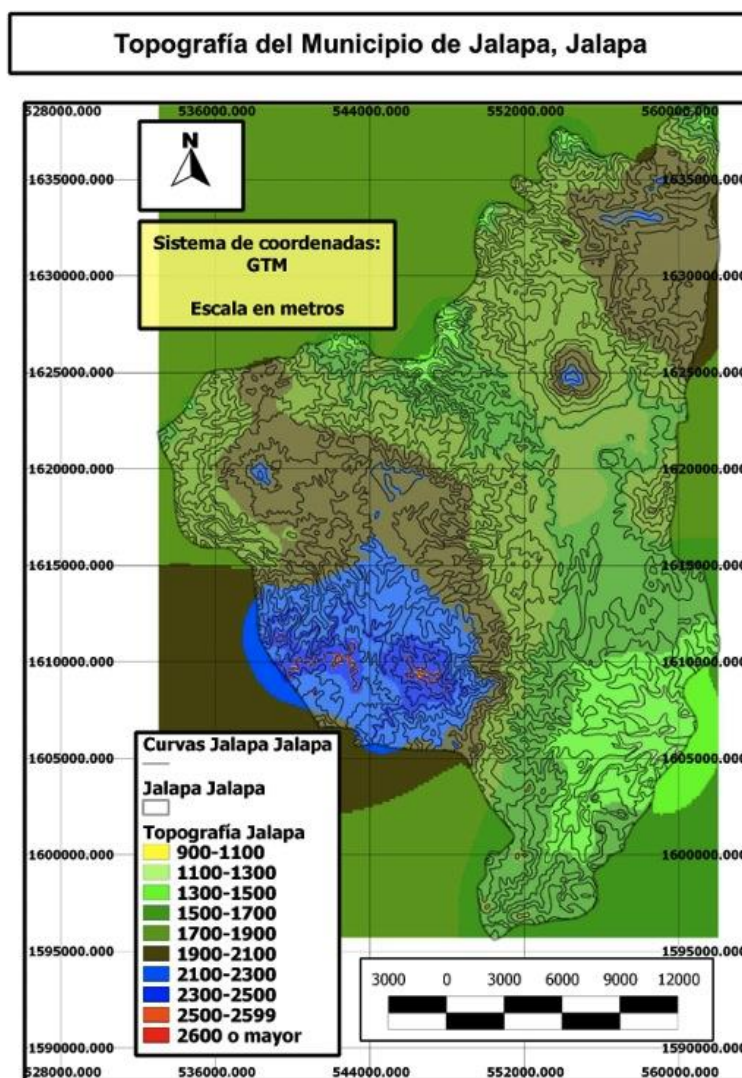


Fuente: Curvas tomadas de Instituto Geográfico Nacional, IGN, 2005

g. Geografía de Jalapa, Jalapa. El departamento de Jalapa está ubicado en la Región IV (Suroriente) del país. Ocupa una superficie aproximada de 2,063 km² y su cabecera departamental, Jalapa, se ubica aproximadamente a 1,362 metros sobre el nivel del mar. El municipio de Jalapa limita al norte con El Progreso; al este con San Pedro Pinula y San Manuel Chaparrón, Jalapa; al sur con San Carlos Alzatate, Monjas y Mataquescuintla, Jalapa; y al oeste con Sanarate y Sansare, El Progreso. Jalapa cuenta con una extensión de 554 kilómetros cuadrados, este cuenta con 1 pueblo, 33 aldeas y 112 caseríos. (Instituto Geográfico Nacional, 1976)

h. Topografía de Jalapa, Jalapa. En el territorio de jalapa está el río Jalapa, la laguna del Castillo y varias lagunetas. Este municipio cuenta con las montañas Anshigua, del Silencio y Soledad Grande; además está el volcán de Jumay. La Figura 10 muestra el mapa topográfico del municipio de Jalapa. (Instituto Geográfico Nacional, 1976)

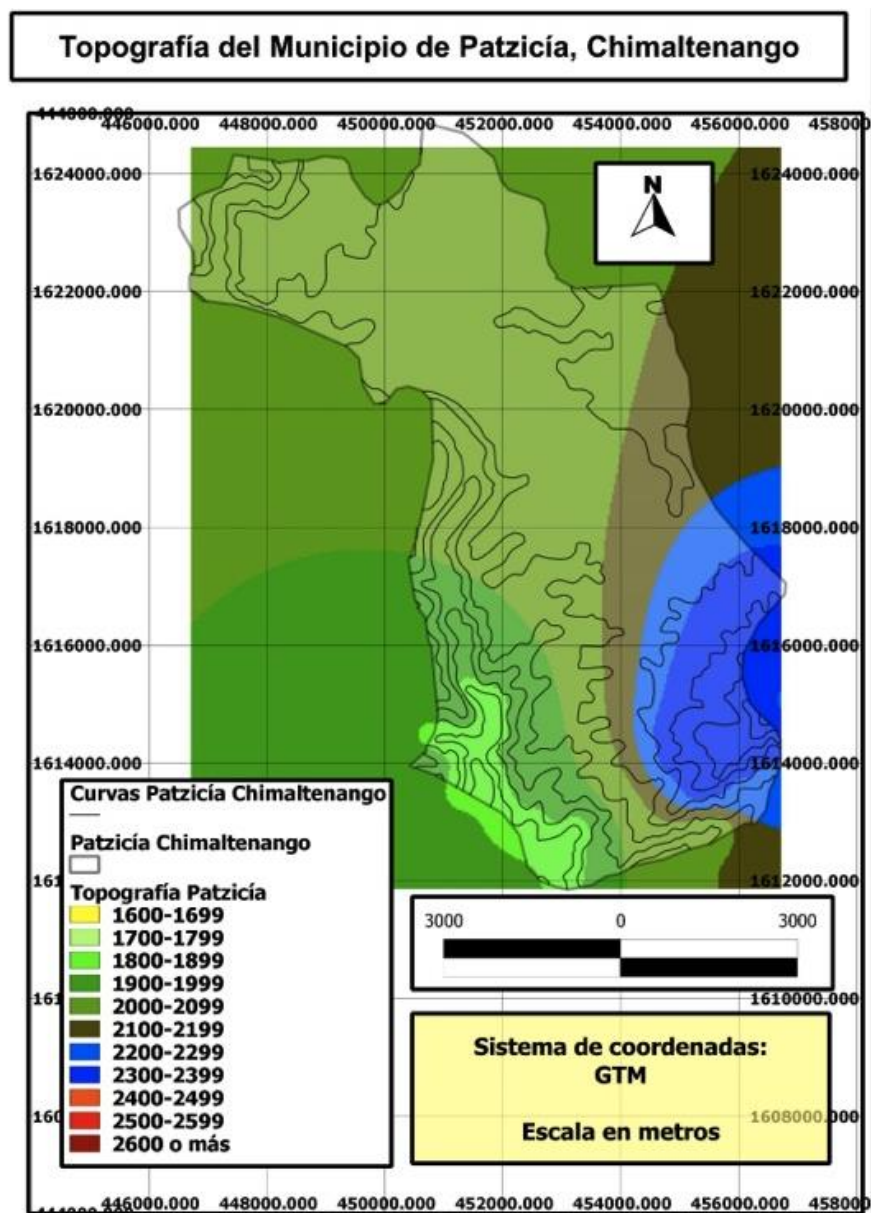
Figura 119. Mapa topográfico del municipio de Jalapa



Fuente: Curvas tomadas de Instituto Geográfico Nacional, IGN, 2005

i. Geografía Patzicía, Chimaltenango. El departamento de Chimaltenango está ubicado en la Región V (Central) del país. Ocupa una superficie aproximada de 1,979 km². El municipio de Patzicía se encuentra a 2,400 metros sobre el nivel del mar y limita al Norte con Santa Cruz Balanyá, al Sur con Acatenánigo y San Andrés Itzapa, al Este con Zaragoza y al Oeste con Patzún. La extensión territorial de Patzicía es de 44 km². Patzicía cuenta con 5 aldeas, 7 caseríos, además de 3 colonias y 4 fincas. (Instituto Geográfico Nacional, 1976)

Figura 120. Mapa topográfico del municipio de Patzicía



Fuente: Curvas tomadas de Instituto Geográfico Nacional, IGN, 2005

j. Topografía de Patzicía, Chimaltenango. Patzicía está situada en llanura, cuenta con los valles de Tululché, Duraznos y Chicoh. Como accidentes orográficos se mencionan la montaña conocida con el nombre de El Socó y el cerro Balamjuyú, debido a que son las más altas del lugar, la montaña El Soco constituye la divisoria continental de aguas hacia la vertiente del Atlántico, además del barranco conocido con el nombre de Cacatsigúan. La Figura 120 muestra el mapa topográfico de Patzicía. (Instituto Geográfico Nacional, 1976)

5. Descripción del ambiente biótico en la República de Guatemala con implementación de la herramienta GIS. La finalidad de este capítulo es describir los recursos naturales que existen en Guatemala, específicamente en los municipios estudiados para este proyecto como posibles locaciones para la construcción del nuevo aeropuerto internacional de Guatemala. Dentro de este capítulo se verá la biodiversidad de estos municipios, flora y fauna; además de representar las zonas protegidas por medio de mapas que se realizarán con la herramienta de Quantum Gis. Es importante el conocer que especies de plantas y animales habitan en la región para fines de estudios de impacto ambiental y además el conocer las áreas protegidas para descartar estas desde un inicio, ya que aunque puedan parecer buenas locaciones, el hecho de ser patrimonio cultural para el país ya veta estas zonas para cualquier proyecto de construcción en ellas.

a. Marco General del ambiente biótico en la República de Guatemala. El sistema biótico engloba la diversidad biológica del país incluyendo las expresiones elementales de la misma, a nivel de genes, como los más complejos, a nivel de ecosistemas. En el país se utilizan un total aproximado de 1,287 especies, distribuidas en:

- Especies forestales, 726
- Peces, 259
- Flora no maderable, 155
- Aves, 63
- Mamíferos, 45
- Reptiles, 18
- Crustáceos, 16
- Moluscos, 5

Hay que hacer énfasis en que estas especies no son las únicas en Guatemala, sino que se refieren a la cantidad de especies a las que Guatemala da uso, ya sea para utilizarlas como fuente de alimento, ornamento en el caso de la flora, madera para construcción o como fuente de energía o para algún tipo de comercio, como exportaciones de productos. (MARN, 2009)

En Guatemala existe una gran diversidad de ecosistemas, se toman en cuenta ecosistemas terrestres, acuáticos y marinos. Los ecosistemas terrestres se componen de 14 zonas de vida, 9 biomas, 14 Eco-

regiones terrestres, 46 comunidades naturales, 66 ecosistema vegetales (41 naturales y 25 antrópicos), 10 regiones fisiográficas, 3 vertientes y 38 cuentas importantes. Los ecosistemas acuáticos se componen de 2 provincias zoogeográficas, 4 Eco-regiones acuáticas, 14 unidades ecológicas de drenaje, biodiversidad de 204 sistemas ecológicos fluviales en sus 56,208 km de sistemas loticos o fluviales y 19 sistemas ecológicos lenticos o lacustres y 710 cuerpos de agua (7 lagos, 55 lagunas y 648 lagunetas). Los ecosistemas marinos se componen de dos reinos, dos provincias, dos Eco-regiones, 37 hábitat bénticos y 2 plataformas continentales. (MARN, 2009)

En el año 2008 la cobertura boscosa de Guatemala se estimó en 4 millones de hectáreas, la pérdida de cobertura boscosa anual está estimada en 73,148 hectáreas, es decir que el 1.43% de la cobertura boscosa del país se pierde al año, un dato muy preocupante para Guatemala y al cual deben de buscarse soluciones para disminuir este dato. Además de la cobertura boscosa total se extraen cerca de 115,000 m³ de madera al año y entre el año 2000 a 2007 se quemaron entre 6,702 hectáreas hasta 60,619 hectáreas. (MARN, 2009)

La descripción anterior da una idea general del ambiente biótico en Guatemala, el cual como se observó es muy amplio y abarca una gran cantidad de temas y aspectos a considerar para el cuidado de la flora y fauna que existe en Guatemala. Para fines de este proyecto se analizarán cinco municipios, Escuintla, Sanarate, Barberena, Jalapa y Patzicía.

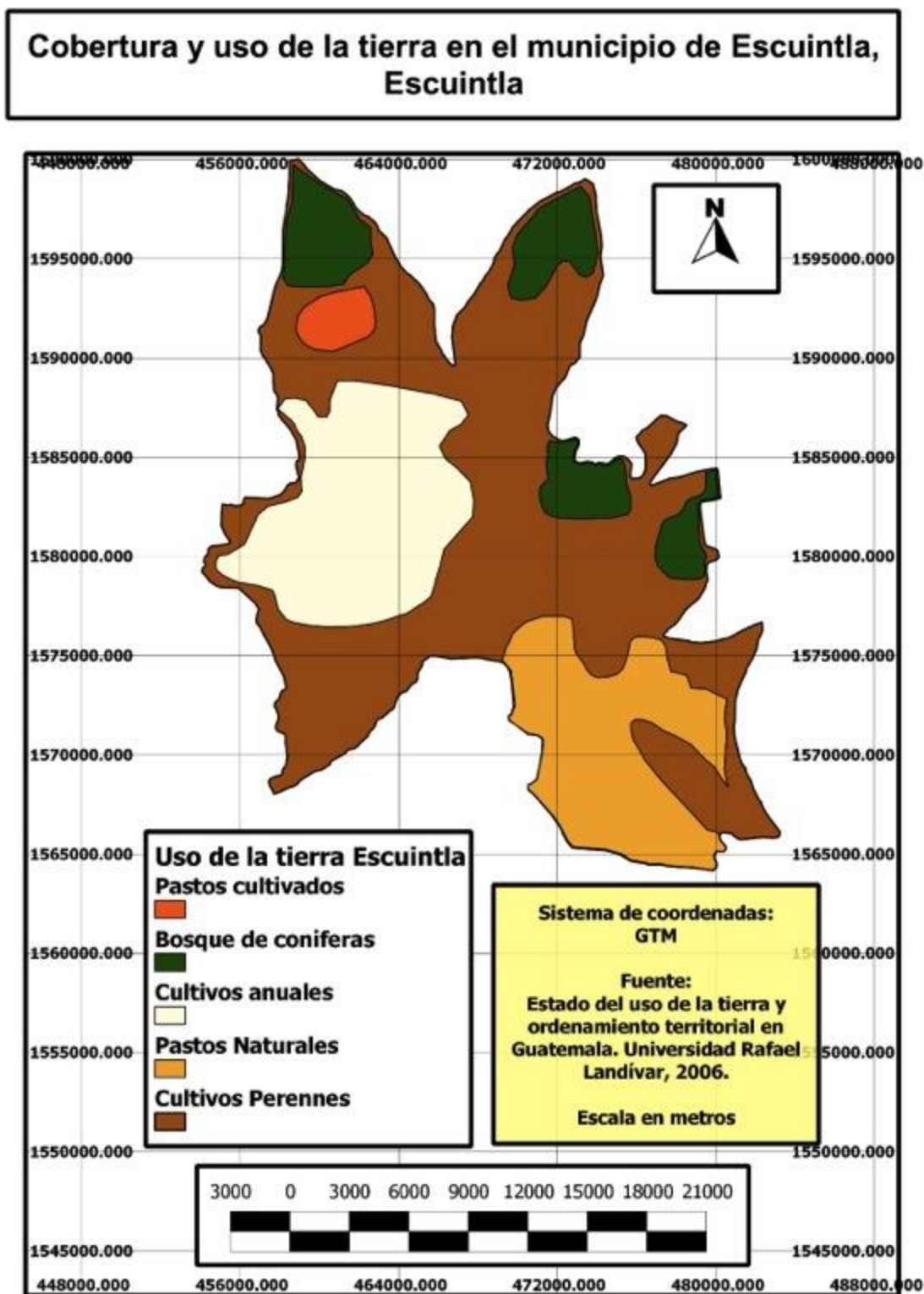
b. Escuintla, Escuintla. El municipio de Escuintla, posee una gran riqueza de recursos naturales, dentro de los cuales se encuentran sus fuentes hídricas, alta extensión de tierra fértil, variedad de microclimas, vocación forestal y su biodiversidad. Esta sección analizará la biodiversidad que existe en Escuintla, para establecer un indicador respecto que tan viable es realizar un proyecto como la construcción de un nuevo aeropuerto internacional en esta región.

1) Cobertura vegetal y uso de la tierra en Escuintla. Los suelos del municipio de Escuintla, con mayor predominio son profundos, bien drenados, desarrollados sobre lodo volcánico, carecen de piedras en la superficie, tienen alta vocación agrícola, por tal razón, es importante realizar labores de conservación de suelos paralelo a las labores agrícolas.

Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), la clasificación de Simmons en torno a los suelos de Escuintla, se encuentra distribuida de la siguiente manera:

- Andisoles: Suelos derivados de material volcánico, fertilidad moderada.
- Inceptisoles: Se forman en superficies de tierra jóvenes, fertilidad variable.
- Entisoles: No muestran ningún desarrollo definido de perfiles, franco grueso mezclado.
- Mollisoles: Con horizontes de gruesa superficie orgánica oscura, fertilidad excelente.

Figura 121. Mapa de cobertura y uso de la tierra en el municipio de Escuintla



Fuente: Elaboración propia con datos Universidad Rafael Landívar, Estado del uso de la tierra y ordenamiento territorial en Guatemala. 2006. Pág. 11

Como se observa en la Figura 121, los suelos del municipio de Escuintla presentan gran fertilidad y básicamente toda la tierra es aprovechable para cosechas, lo que da la pauta a que se debe de tomar en cuenta no únicamente la deforestación y reforestación, que incluso no representarían un gran problema para el proyecto ya que el área de bosques es un 7% de la región únicamente, sino que también se debe poner mucho énfasis al trato de tierras que deban excavarse, para procurar el no dañarlas y poder utilizarlas en los planes de reforestación que se trabajen.

Se observa en la Figura 121 que la mayor cobertura de la tierra la ocupa lo que son los cultivos perennes. La definición de un cultivo perenne se refiere a árboles frutales, plantaciones o pastos cultivados cuyo periodo de desarrollo es mayor a un año, independientemente, si fuera el caso, del número de cosechas o cortes que se realicen, como por ejemplo, el coco, cacao, limón, mango, aguacate, café, entre otros. Los cultivos perennes, se caracterizan debido a que después de plantados pasan por una etapa de desarrollo, seguida de una etapa productiva de varias cosechas o ciclos productivos. (Universidad de Guadalajara, 2007)

El problema con estos cultivos perennes es que son cultivos importantes, como por ejemplo el café; y a estas tierras se les debe de tratar con mucho cuidado y al abarcar un gran porcentaje este tipo de cultivo en Escuintla, es importante el considera un plan para mitigar los cortes que se hagan de estas tierras para evitar perderlas o dañarlas, ya que como se sabe la agricultura representa una gran fuente económica para Guatemala. Se debería considera el conservar estas tierras, y si se corta el terreno almacenar la tierra para ubicarla en otra locación y pudiendo ser una posible fuente de trabajo al implementar la propia fuente de producción de café, por mencionar algún ejemplo, que sea el mismo que se vende en el aeropuerto, dándole un valor agredo a este. Las medidas de mitigación para casos como este se explicarán más a fondo en capítulos posteriores a este, donde se explicara de mejor manera la forma de almacenar y trasladar la tierra que se corta en el proyecto.

2) Flora y fauna de la región. Durante el período de 1998 al 2009, en el municipio se han realizado 41 proyectos de reforestación, cubriendo un área total de 1,538 hectáreas, bajo el modelo del Plan de Incentivos Forestales (PINFOR), con especies de palo blanco, teca, melina, matiliguatate y eucalipto. Con el objetivo principal de contar con área maderable para aserrío y energéticos.

La existencia de fauna doméstica especialmente aves de corral, utilizados para el consumo familiar y comercio en pequeña escala. En relación a la fauna silvestre existen aves, especialmente halcones, águilas, pericas, loros, pajuiles, cayayas, cachajinas, tortolitas, zanates, clarineros, gorriones, chorchas, cenizontles, guardabarrancos, auroras, lechuzas, urracas, chachas, garzas, pájaro carpintero, chepilllos, gavilanes, gaviotas, zopilotes, quebrantahuesos, martín pescador, pijije, pato real, garza negra, búhos. Por otro lado, en menor cantidad existen también venados cola blanca, tepezcuintle, armadillo, tacuazín, taltuzas, jabalí, tacuazín rata, tacuazín negro, pizote, tigrillo, gato de monte, zorro, zorrillo, puerco espín, micoleón. (De León, 2011)

El clima que predomina en la mayor parte del municipio es cálido, registrándose temperaturas entre 21 grados la mínima y 34 grados centígrados la máxima. Las lluvias de mayo a octubre, generan un promedio de 2982 mm. En la región noroeste del municipio se registran varios microclimas de frío a templado por las condiciones topográficas.

3) Patrimonio Cultural (Áreas protegidas). El Departamento de Escuintla cuenta con una superficie de 42.05 Km² de áreas protegidas. En su mayoría la tierra no es utilizada con esta función sino que su aprovechamiento viene dada del área agrícola como se comentó anteriormente. A continuación se muestra el mapa de capacidad de uso de la tierra en Escuintla y la tabla 30 con la descripción de las áreas protegidas en este departamento.

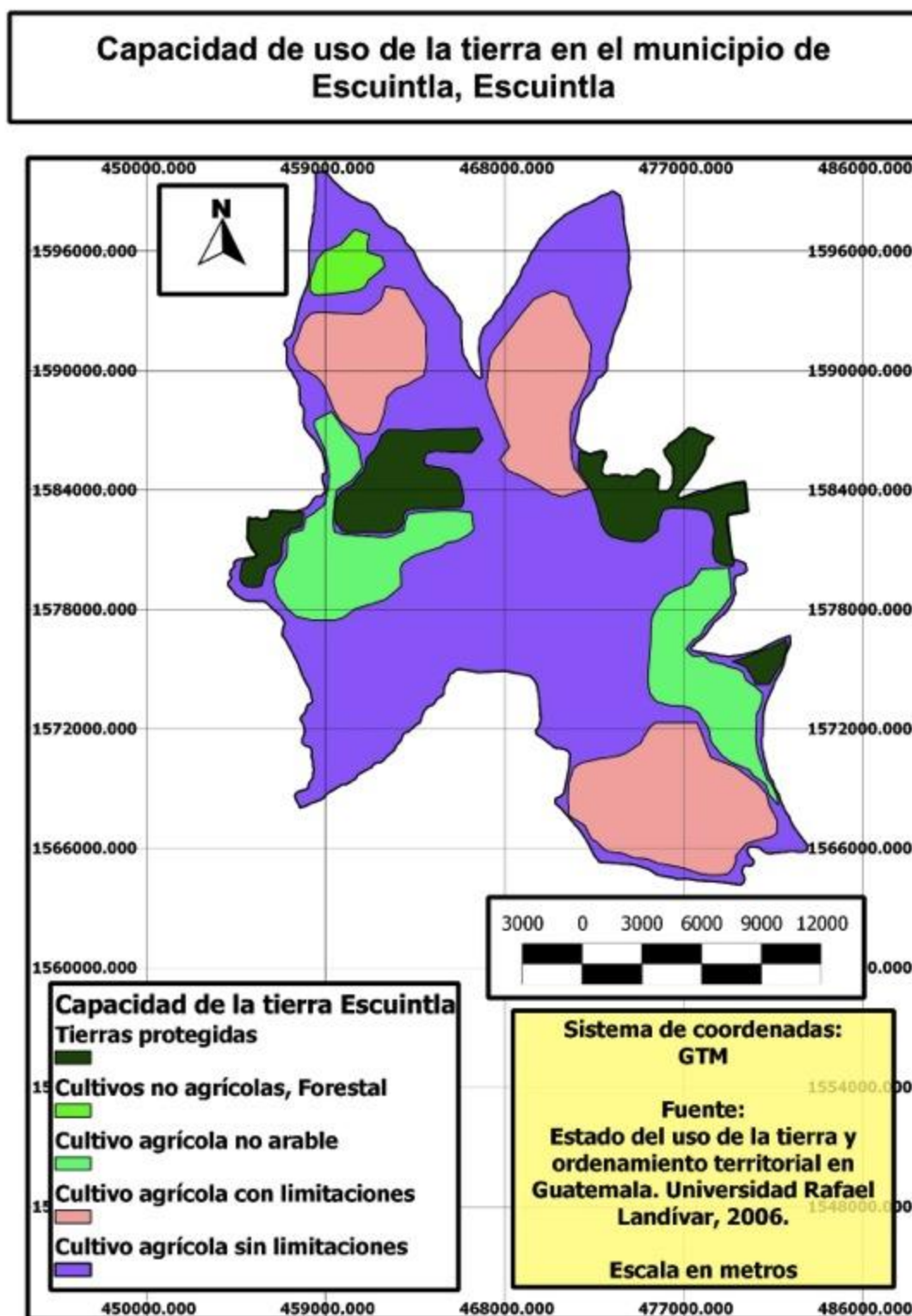
Estas áreas protegidas dan una restricción en cuanto al área de construcción del nuevo aeropuerto, es decir; estas áreas protegidas en el departamento de Escuintla no pueden ser utilizadas y también representa más restricciones en los alrededores si se llegara a seleccionar algún área que se encuentre cerca de estas zonas protegidas. Como ventaja se tiene que la superficie de terreno de estas áreas es pequeña y están ubicadas todas en un mismo sector lo que facilita el poder ubicar el nuevo aeropuerto en una zona lejana a estas áreas protegidas, evitando el tener que emplear medidas de mitigación más estrictas ya que no se seleccionará una región tan cercana a estas zonas de tierras protegidas.

Tabla 138. Áreas protegidas en el departamento de Escuintla

No.	Nombre	Categoría	Superficie (ha)	Superficie (Km ²)	Ubicación	Bioma predominante
1	Volcán Pacaya	Parque Nacional	2,000	20	Escuintla, Guatemala	Selva subtropical húmeda
2	Sipacate Naranjo	Parque Nacional	2,000	20	Escuintla	sabana tropical húmeda
3	Canaima	Reserva Natural privada	25	0.25	Escuintla	sabana tropical húmeda
4	Bandurria	Reserva Natural privada	180	1.8	Escuintla, Suchitepéquez	sabana tropical húmeda

Fuente: Guatemala, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, CONAP, 2005.

Figura 122. Mapa de capacidad de uso de la tierra en el municipio de Escuintla



Fuente: Elaboración propia con datos Universidad Rafael Landívar, Estado del uso de la tierra y ordenamiento territorial en Guatemala. 2006. Pág. 9

c. Sanarate, El Progreso. El municipio de Sanarate cuenta con diversidad de recursos naturales, comprendidos entre especies de fauna silvestre y doméstica. Así mismo diversidad de flora típica del lugar, seco, árido y caluroso. Dada su condición climática calurosa y seca tiene una gran presencia de matorrales, aunque se puede observar presencia de bosque en su extensión territorial y por las condiciones de la tierra no hay tanta disponibilidad para los cultivos agrícolas. En la siguiente sección se podrá analizar el uso de las tierras que se tienen en el municipio de Sanarate y conocer la diversidad de especies de flora y fauna que se ven en la región.

1) Cobertura vegetal y uso de la tierra en Sanarate. En la Figura 123 se puede observar la cobertura y uso de la tierra en el municipio de Sanarate. Como se observa en su mayoría la tierra se tiene catalogada como matorrales, zonas de suelos secos y áridos, no recomendables para la agricultura, pero también se puede observar que se ocupa una pequeña parte de bosque secundario.

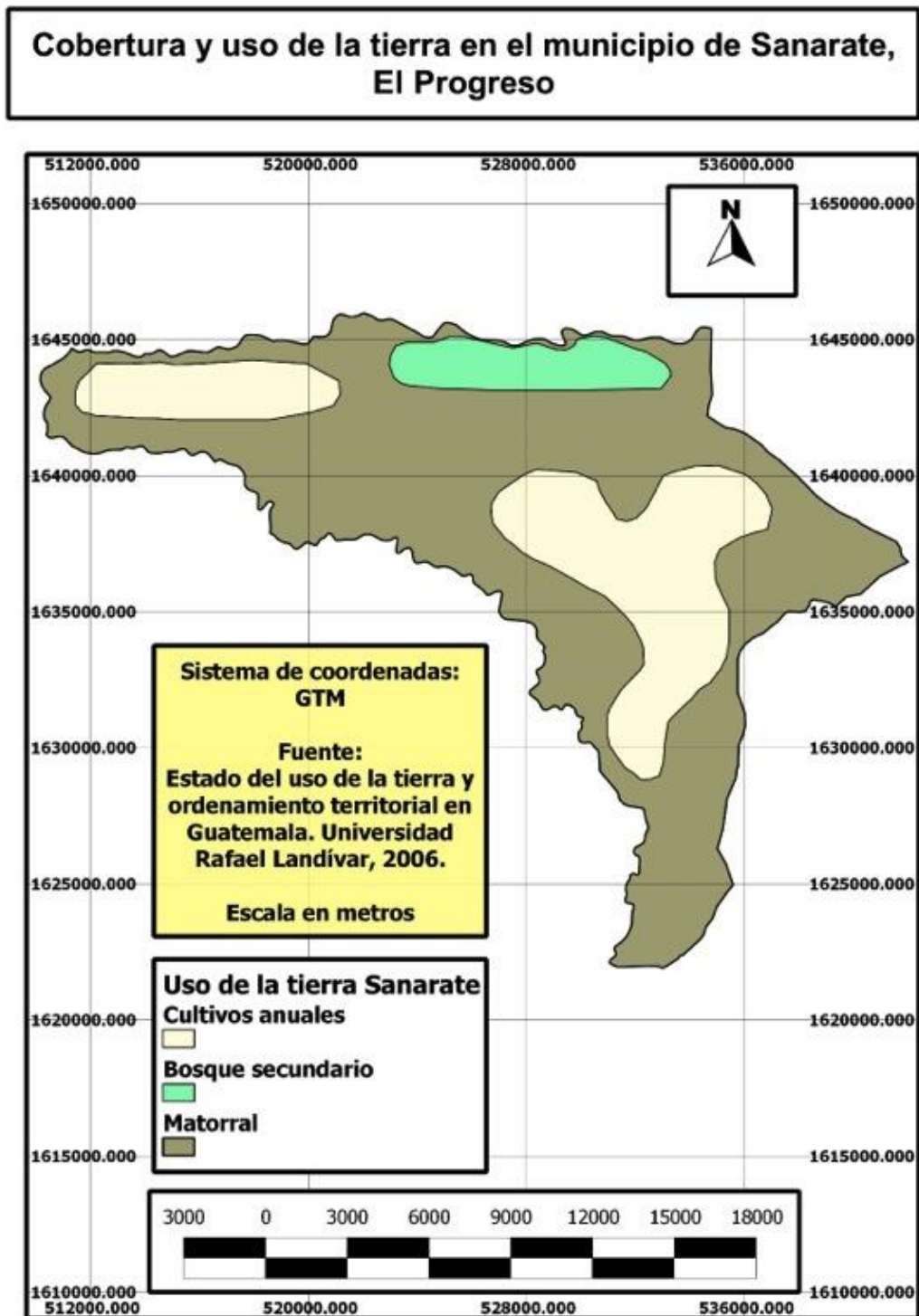
El tipo de suelo que muestra el municipio de Sanarate es más beneficioso para fines de este proyecto en muchos aspectos, en términos de construcción no presenta grandes obstáculos o mayores costos para poder trabajar esta tierra, en relación a las medidas de mitigación los cuidados deben ser menores ya que no son suelos tan indispensables, además de no presentar buena calidad para la agricultura, lo que evitará que lleguen a surgir problemas de tipo social en esta región, ya que no existen regiones amplias de cultivos y se tendrá el problema de que se lleguen a afectar tierras de cultivos en este departamento.

2) Flora y fauna de la región. Entre la fauna que se encuentra en el departamento de El Progreso se tiene, en la selva espesa y frondosa, siervos, pecaríes, zorros, coyotes, víboras, iguanas, pumas, jaguares, cocodrilos de gran variedad y aves de variadas especies. Las costas y ríos son los hogares de las nutrias, manatíes, tortugas verdes de mar y caimanes. En las áreas de bosques se puede encontrar tapires, jaguares, ocelotes, jagüilla, mono araña, mono aullador, mono cara blanca, venado de cola blanca, osos y caballos. La protección de la reserva es de gran importancia para que cada una de estas especies pueda sobrevivir. Más de 375 aves se encuentran en esta biosfera. La biosfera también es visitada por muchas especies de aves migratorias, muchas de estas especies raras que se encuentran en estas regiones no pueden ser visitadas en otras partes del país. Especies como: águila, halcón fajado, guacamaya verde y roja, pescador menor y jabirú. Para el municipio de Sanarate dada su condición donde su mayor extensión son matorrales se limita la diversidad de fauna en la región, aunque pueden llegar a encontrarse alguna de estas especies en su extensión de bosque secundario. Entre las especies de árboles que desde mucho atrás se han explotado se encuentran, la caoba, pino, cedro, palo de rosa y chicozapote. (De León, 2011)

3) Patrimonio cultural (Áreas protegidas). El Departamento de El Progreso cuenta con una superficie de 1.56 Km² de áreas protegidas. Este departamento forma parte de la reserva de la biosfera de la Sierra de las minas, con un pequeño porcentaje pero aún sienta una reserva muy importante para el país. A

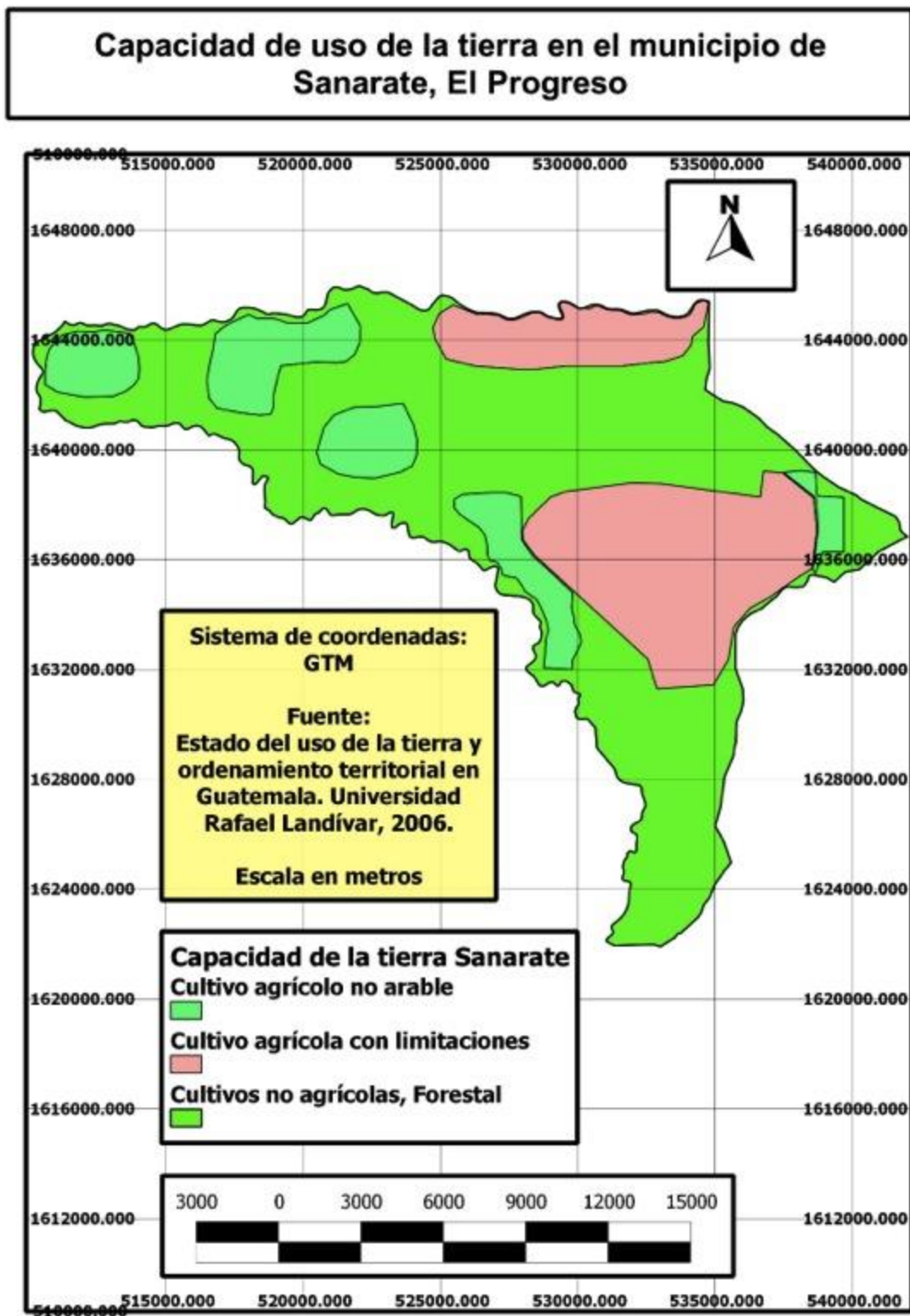
continuación se muestra el mapa de capacidad de uso de la tierra en El Progreso y la Tabla 124 con la descripción de las áreas protegidas en este departamento.

Figura 123. Mapa de cobertura y uso de la tierra en el municipio de Sanarate



Fuente: Elaboración propia con datos Universidad Rafael Landívar, Estado del uso de la tierra y ordenamiento territorial en Guatemala. 2006. Pág. 11

Figura 124. Mapa de capacidad de uso de la tierra en el municipio de Sanarate



Fuente: Elaboración propia con datos Universidad Rafael Landívar, Estado del uso de la tierra y ordenamiento territorial en Guatemala. 2006. Pág. 9

Tabla 139. Áreas protegidas en el departamento de El Progreso

No.	Nombre	Categoría	Superficie (ha)	Superficie (Km ²)	Ubicación	Bioma predominante
1	El Reformador	Parque Nacional	60	0.60	El Progreso	Bosque de montaña
2	Sierra de las minas	Reserva de biósfera	96	0.96	El Progreso	Bosque de montaña - Selva tropical Lluviosa

Fuente: Guatemala, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, CONAP, 2005.

Para el municipio de Sanarate se observa en la Figura 122 que este no presenta áreas protegidas, por lo que este factor no representará ningún problema al momento de evaluar este criterio, lo que puede dejar al departamento muy bien posicionado como una posible opción, pero si se presentan varios cultivos no agrícolas o cultivos forestales, lo cual puede ser un problema con el tema de la medida de mitigación de reforestación.

d. Barberena, Santa Rosa. El municipio Barberena presenta suelos de dos tipos; suelos sobre materiales volcánicos mezclados o de color oscuro en terreno casi plano moderadamente inclinado y suelos profundos sobre materiales volcánicos mezclados o de color oscuro. La capacidad productiva de la tierra, combinados con los efectos de clima, es apta para cultivos perennes y de montañas, principalmente para fines forestales y pastos. (López, 2004)

1) Cobertura vegetal y uso de la tierra en Barberena. En la Figura 125 se puede observar la cobertura y uso de la tierra en el municipio de Barberena. Como se observa en su mayoría la tierra se utiliza para cultivos perennes y pastos cultivados. Este tipo de suelo puede presentar problemática para la construcción del terreno desde el punto de vista de las medidas de mitigación para el suelo, ya que dado que las tierras son fértiles se les debe de dar un cuidado especial y no se puede dañar las tierras a los alrededores, además de la posible pérdida de tierras para cultivar lo cual puede ser una gran problemática.

2) Flora y fauna de la región. La fauna en el municipio de Barberena se ve influenciada a las condiciones climatológicas, la influencia de los vientos, el suelo y el régimen de lluvias influye en la composición florística y en la fisonomía de la vegetación. Las principales especies de la flora del Municipio son: Guarumo, Hormigo, Madre Cacao, Guachipilín, Cedro, Pino Colorado, Pito, Conacaste, Encinos, Paterna, Lloro Sangre, Matiliguat, Amate, Ciprés, Guayaba, Guapinol, Sauce, Flor amarilla, Coyolillo, Laurel, Caspirol, Aguacate, Volador, Sincuya, Caulote y Escobillo. (López, 2004)

Sin embargo, aún pueden encontrarse área boscosas de origen natural, clasificándose en zonas de bosque muy húmedo subtropical (cálido) y bosque húmedo subtropical (templado). Los principales árboles y plantas utilizados para sobra en el cultivo de café están clasificados de la siguiente manera: Permanentes: Cuje, Cushín, Caspirol, Paterna y Graviela; Semipermanentes: Gandul, Madriado, Cuernavaca e Higuerrillo;

Temporal: Banano y plátano. Las especies ornamentales más representativas en el municipio lo constituyen: los rosales, bougambilias, claveles, orquídeas, ninfas de agua, geranios. Se cuenta con variedad de árboles frutales los que se pueden mencionar: Naranja, Mango, Jocote, Nance, Guayaba, Piña, Mora, Fresa y Frambuesa. (López, 2004)

Entre las especies animales con que cuenta el municipio están: Tacuazines, Mapaches, Pizotes, Conejos, Piscoyos, Tejones, Gato de monte, Espumuyas, Cachaginas, Codornices, Curruchiches, Chorchas, Cuscutes, Sensontles, Pato Zambullidor, Pato Gallareta y variedad de peces tales como: Guapote o Lobina, Tilapia y Mojarra rayada; muchas de las cuales han ido desapareciendo en los últimos años, por la intervención del hombre dedicado a la caza y pesca como actividad de recreación y en su mayoría para satisfacer de alguna manera su alimentación como un medio de subsistencia. (López, 2004)

3) Patrimonio cultural (Áreas protegidas). El Departamento de Santa Rosa cuenta con una superficie de 103.15 Km² de áreas protegidas. Este departamento presenta gran variedad de áreas protegidas las cuales se presentan en la tabla siguiente. A continuación se muestra el mapa de capacidad de uso de la tierra en Santa Rosa y la Tabla 142 con la descripción de las áreas protegidas en este departamento.

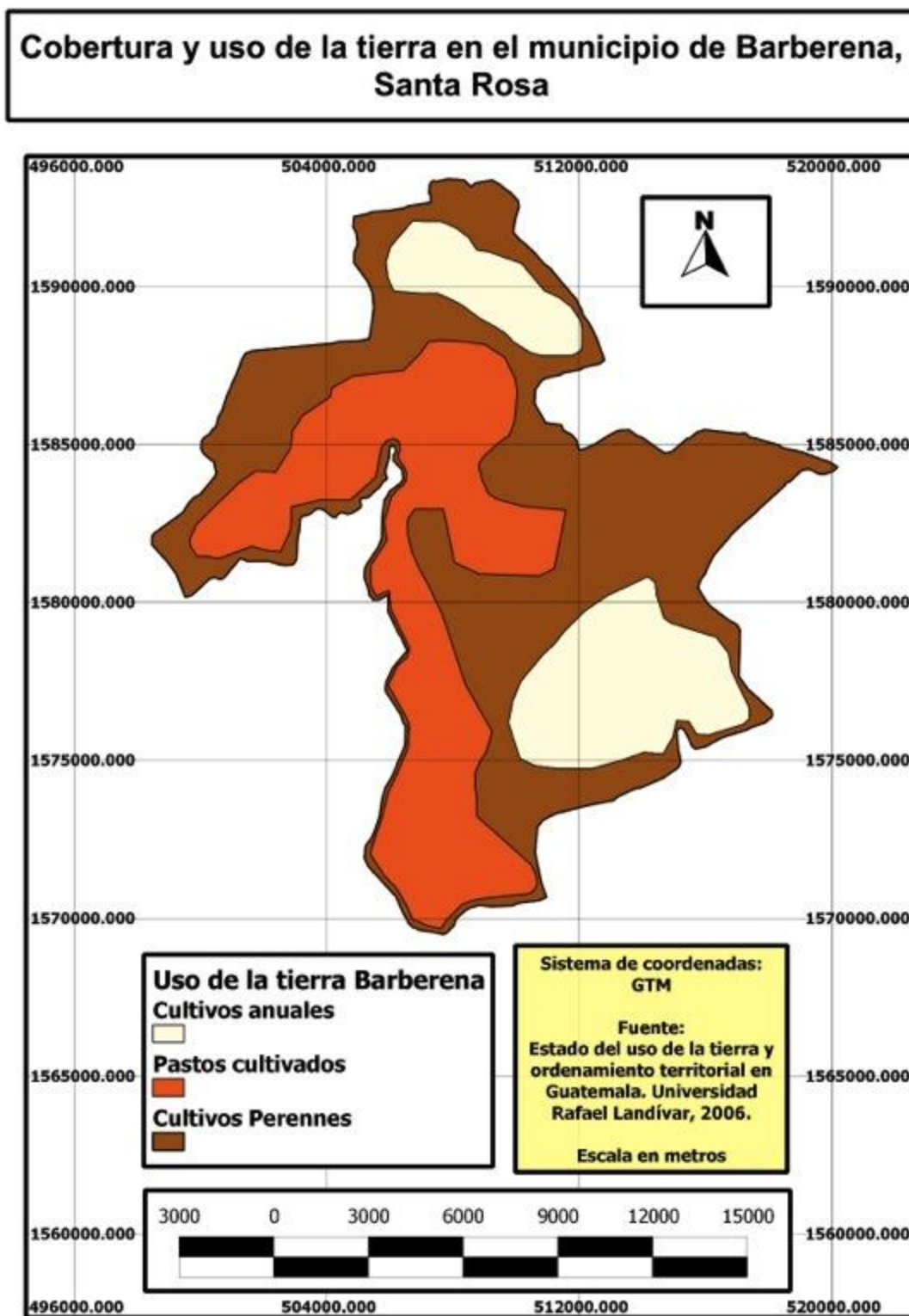
Tabla 140. Áreas protegidas en el departamento de Santa Rosa

No.	Nombre	Categoría	Superficie (ha)	Superficie (Km ²)	Ubicación	Bioma predominante
1	Laguna El Pino	Parque Nacional	73	0.73	Santa Rosa	Selva Subtropical húmeda
2	Volcán Cerro Redondo	Zona de Veda Definitiva	366	3.66	Santa Rosa	Selva Subtropical húmeda
3	Volcán Cruz Quemada	Zona de Veda Definitiva	536	5.36	Santa Rosa	Selva Subtropical húmeda
4	Volcán Jumaytepeque	Zona de Veda Definitiva	864	8.64	Santa Rosa	Selva Subtropical húmeda
5	Volcán Tecuamburo	Zona de Veda Definitiva	5,120	51.20	Santa Rosa	Selva Subtropical húmeda
6	Monterrico	Área de usos múltiples	2,800	28.00	Santa Rosa	Savana Tropical húmeda
7	El Espino	Reserva Natural Privada	81	0.81	Santa Rosa	Selva Subtropical húmeda
8	Santa Isabel	Reserva Natural Privada	475	4.75	Santa Rosa	Selva Subtropical húmeda

Fuente: Guatemala, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, CONAP, 2005.

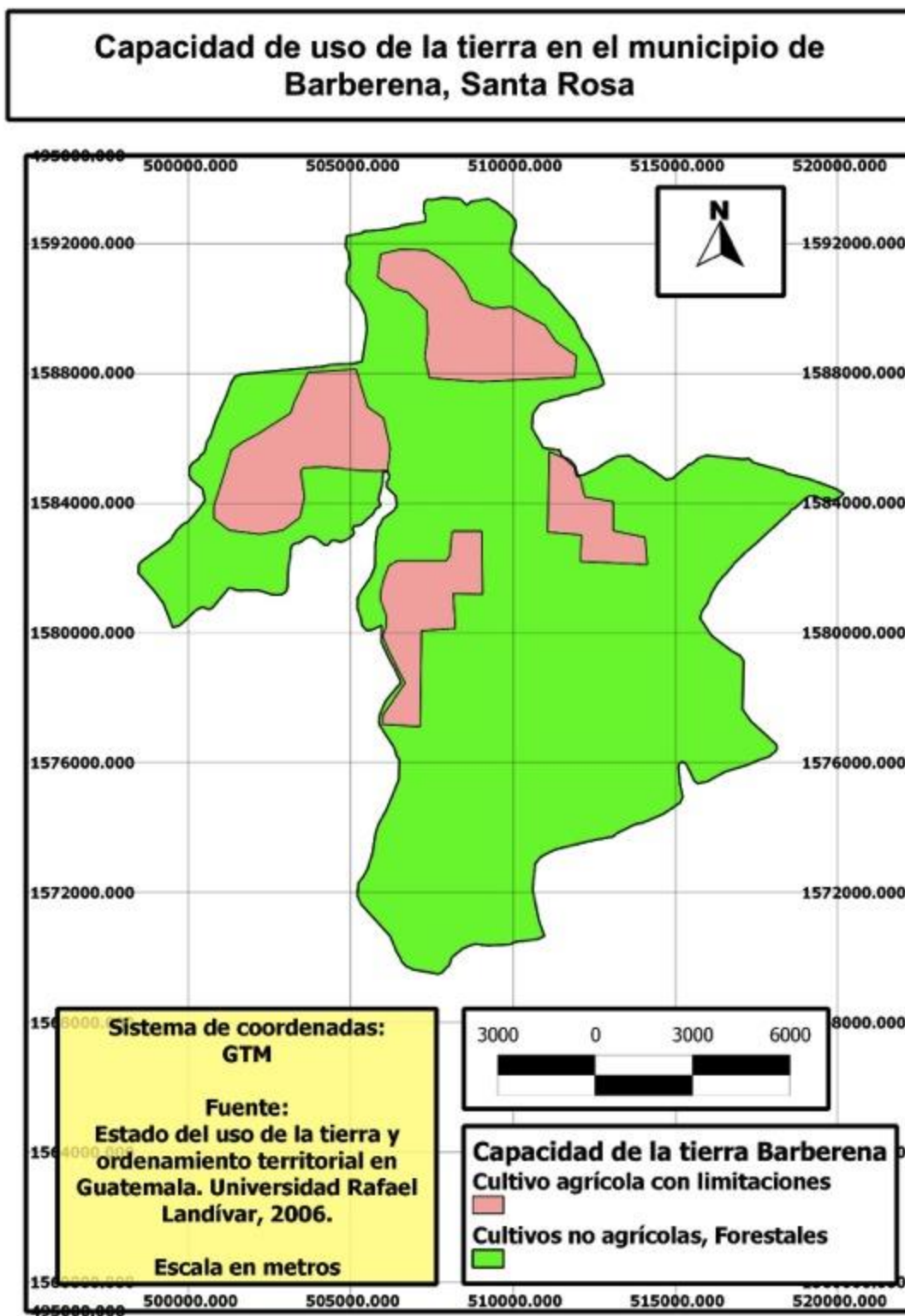
A pesar de la gran cantidad de áreas protegidas en el departamento de Santa Rosa, en el municipio de Barberena no se encuentra ninguna de estas áreas protegidas, por lo cual este criterio no afectará a este municipio, sin embargo como se observa en la Figura 126 el municipio de Barberena muestra muchos bosques, lo cual afectará el tema de reforestaciones para el proyecto.

Figura 125. Mapa de cobertura y uso de la tierra en el municipio de Barberena



Fuente: Elaboración propia con datos Universidad Rafael Landívar, Estado del uso de la tierra y ordenamiento territorial en Guatemala. 2006. Pág. 11

Figura 126. Mapa de capacidad de uso de la tierra en el municipio de Barberena



Fuente: Elaboración propia con datos Universidad Rafael Landívar, Estado del uso de la tierra y ordenamiento territorial en Guatemala. 2006. Pág. 9

e. Patzicía, Chimaltenango. El municipio Patzicía está situado en llanura, cuenta con los valles de Tululché, Duraznos y Chicoh. Este municipio presenta grandes extensiones de bosques como se observa en la Figura 127, lo cual puede llegar a representar un problema para la reforestación que se deba llevar a cabo dada la deforestación necesaria para la construcción del nuevo aeropuerto.

1) Cobertura vegetal y uso de la tierra en Patzicía. El municipio de Patzicía muestra, en la Figura 127, gran cantidad de suelos fértiles para cultivos anuales, además de bosques de coníferas y latifoliadas. Este tipo de suelo generará varias medidas de mitigación para el cuidado de suelos dada la fertilidad de estos como se observa en la gran cantidad de cultivos anuales que se ven en la Figura 127, además de la gran extensión de bosques que presenta el municipio lo cual dificultará o volverá más caro la medida de mitigación de reforestación.

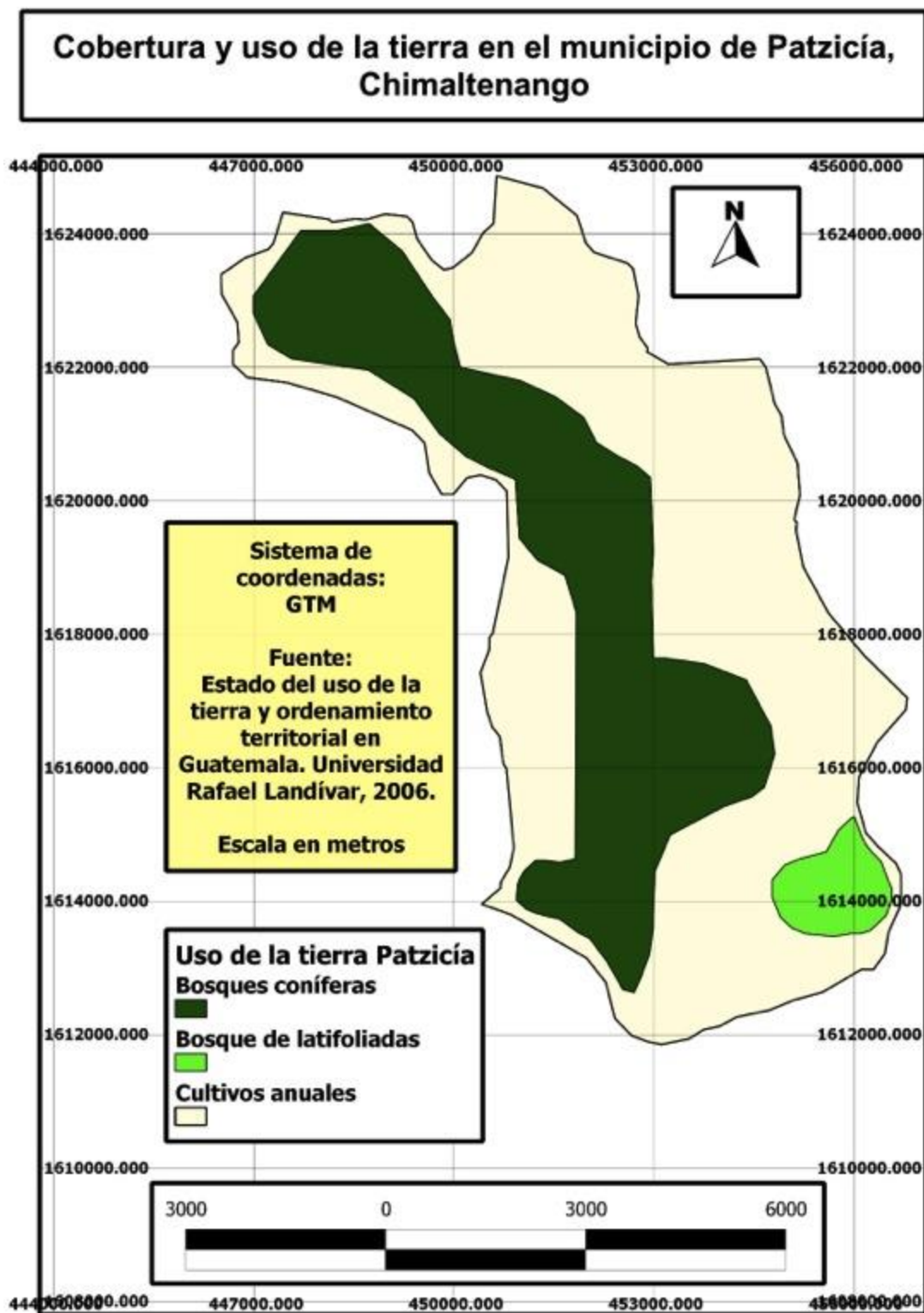
2) Flora y fauna de la región. Entre sus recursos naturales cuenta con grandes extensiones del bosque de pino y ciprés, los bosques son de especie conocida y bastante típica dentro de la clasificación del altiplano de la República. En la montaña El Socó y el Astillero B'alam Juyú (cerro del Tigre) existe una gran cantidad de especies de flora. Se pueden encontrar plantas comestibles, medicinales y plantas aéreas que suelen crecer sobre los árboles. (Martínez, 2011)

Entre las especies más comunes de plantas aéreas se encuentran bromelias, orquídeas, pie de gallo y musgos que son usualmente depredados por las comunidades cercanas al astillero durante la época de diciembre. Entre las especies de arbóreas más representativas que se pueden encontrar en el astillero B'alam Juyú figuran los encinos, ciprés, hilamos, diversas especies de pinos y canac. (Martínez, 2011)

En el municipio de Patzicía existen diferentes especies silvestres de animales entre los que se pueden mencionar: el conejo, tacuazín, zorro, comadreja, ardilla, coyote, pizote, ratón, gato silvestre, serpiente, codorniz y cerdo salvaje. El astillero y la montaña El Socó sirven de hábitat para las aves como: codornices, gavilanes, búhos, pájaros carpinteros, palomas y quetzalillos, éstos han disminuido por la tala de árboles situación que ocasiona la destrucción del hábitat, porque son utilizados los terrenos en la actividad agrícola. Entre las especies domésticas se observan las gallinas, pavos, patos, vacas, caballos, cabras y cerdos, que se utilizan para actividades hogareñas y en ocasiones para la venta. (Martínez, 2011)

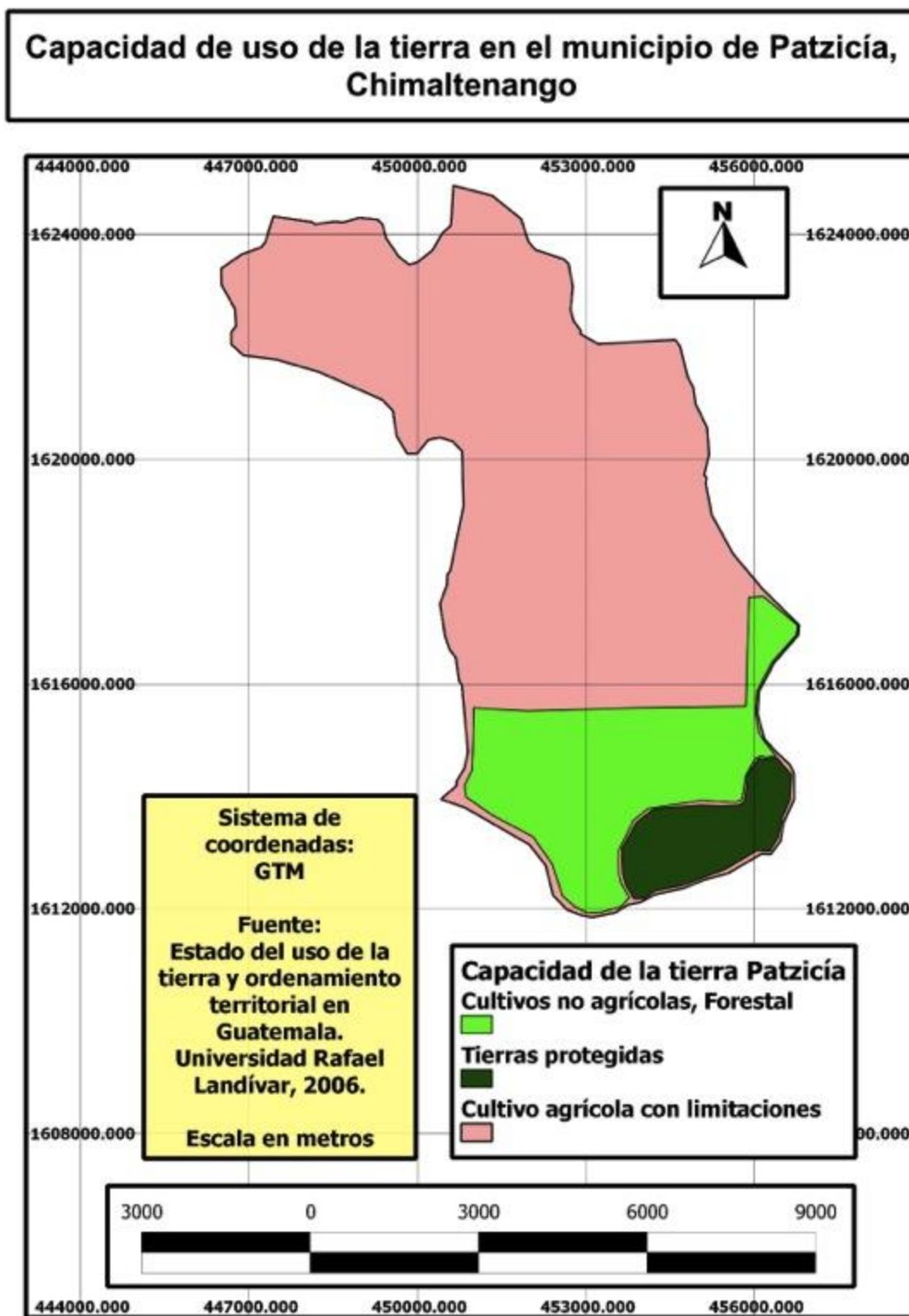
3) Patrimonio cultural (Áreas protegidas). El Departamento de Chimaltenango cuenta con una superficie de 1,230.12 Km² de áreas protegidas. Este departamento presenta gran variedad de áreas protegidas las cuales se presentan en la tabla siguiente. A continuación se muestra el mapa de capacidad de uso de la tierra en Chimaltenango y la Tabla 140 con la descripción de las áreas protegidas en este departamento.

Figura 127. Mapa de cobertura y uso de la tierra en el municipio de Patzicía



Fuente: Elaboración propia con datos Universidad Rafael Landívar, Estado del uso de la tierra y ordenamiento territorial en Guatemala. 2006. Pág. 11

Figura 128. Mapa de capacidad de uso de la tierra en el municipio de Patzicía



Fuente: Elaboración propia con datos Universidad Rafael Landívar, Estado del uso de la tierra y ordenamiento territorial en Guatemala. 2006. Pág. 9

Tabla 141. Áreas protegidas en el departamento de Chimaltenango

No.	Nombre	Categoría	Superficie (ha)	Superficie (Km ²)	Ubicación	Bioma predominante
1	Cuenca de Atitlán	Área de usos múltiples	122,900	1,229.00	Sololá, Quiche, Totonicapán, Chimaltenango, Suchitepéquez	Bosque de Montaña
2	Los Aposentos	Parque Nacional	15	0.15	Chimaltenango	Bosque de Montaña
3	Iximché	Monumento Cultural	50	0.50	Chimaltenango	Bosque de Montaña
4	Astillero Municipal de Tecpan	Parque Regional	2	0.02	Chimaltenango	Bosque de Montaña
5	Chuito	Reserva Natural Privada	45	0.45	Chimaltenango	Bosque de Montaña

Fuente: Guatemala, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, CONAP, 2005.

El municipio de Patzicía si muestra un pequeño porcentaje de tierras protegidas como se observa en la Figura 127, lo cual puede presentar problemas para ubicar el nuevo aeropuerto dada la cercanía de este, aunque por el pequeño porcentaje de territorio que es, puede que no representa mayor problemática para la construcción del aeropuerto, sin embargo, también se puede observar gran extensión boscosa y tierras fértiles para cultivos agrícolas, aunque con limitaciones, también representará un aumento en el cuidado con las medidas de mitigación del suelo, lo que elevaría los costos de estas medidas de mitigación, como también la reforestación.

f. Jalapa, Jalapa. El municipio de Jalapa está conformado en su mayor parte por suelos de las series Alzatate, Mangoy y Jalapa, los cuales cubren casi 2/3 partes de superficie. La serie Alzatate y Jalapa se refieren a suelos con pendientes que varían del 12% al 45% o mayores, apto generalmente para cultivos permanentes, bosques, vida silvestre, recreación y conservación de cuencas. La serie Monagoy son suelos con topografía plana suavemente ondulada o con inclinaciones no mayores del 12%, son profundos aptos para variedad de cultivos. (López, 2004)

1) Cobertura vegetal y uso de la tierra en Jalapa. El municipio de Jalapa muestra una gran diversidad de usos en su suelo, como se observa en la Figura 129 dentro del municipio se tienen bosques de coníferas, bosques mixtos, bosques de latifolias, pastos naturales, cultivos perennes y cultivos anuales. Este aspecto puede complicar la construcción del aeropuerto en términos de medidas de mitigación tanto para el cuidado de los suelos como para la reforestación.

2) Flora y fauna de la región. Las áreas de mayor vocación forestal son: Potrero Carrillo y Ladinos Pardos. Las especies de árboles forestales que mejor se adaptan a la región son el pinus ocarpa (pino ocote) y el cupresus lusitánica (ciprés común). La flora está constituida por líquenes, helechos, hongos, tunas, lengua de vaca, talacho, chumba de piedra, órgamo, columna, pitahaya, espinazo, grupos acuáticos, plantas que viven en pequeños estanques, de los cuales se pueden mencionar la salvina, sargazón, violeta de agua, lana de agua, barilla, bachurera, lucha, laminaria, monja amarilla, guaira morada o candelaria, huevo zope, virgen, gallo, mish, calaguala, muérdago, palomía, mosquetero, amate, huguerón matapalo cuscuth o paludismo. (López, 2004)

La fauna la conforman: venados, conejos, ratones, tacuazines, zorrillos, mapaches, armadillos, puerco espines, tepezcuintles, coyotes, coches de monte, comadreas, gatos de monte, tejones, colibríes, gorriones, canarios, perlichillos, chorlas, currucas, guardabarrancas, jilgueros, curruchiches, sharas, shistios, loros, pericos, pijuyes, cuervos, chorchas, cabras, patos, pijijes, gansos, gallos, gallinas, pavos, coquechas, codornices, palomas de castilla, calenturas, tortolitas, golondrinas, caballos, asnos, mulas, vacas, bueyes, cabras, carneros, cerdos, perros, gatos, conejos de castilla, tortugas, lagartijas, cutetes, iguanas y garrobos. (López, 2004)

3) Patrimonio cultural (Áreas protegidas). El Departamento de Jalapa cuenta con una superficie de 61.30 Km² de áreas protegidas. Este departamento presenta gran variedad de áreas protegidas las cuales se presentan en la tabla siguiente. A continuación se muestra el mapa de capacidad de uso de la tierra en Jalapa y la Tabla 144 con la descripción de las áreas protegidas en este departamento.

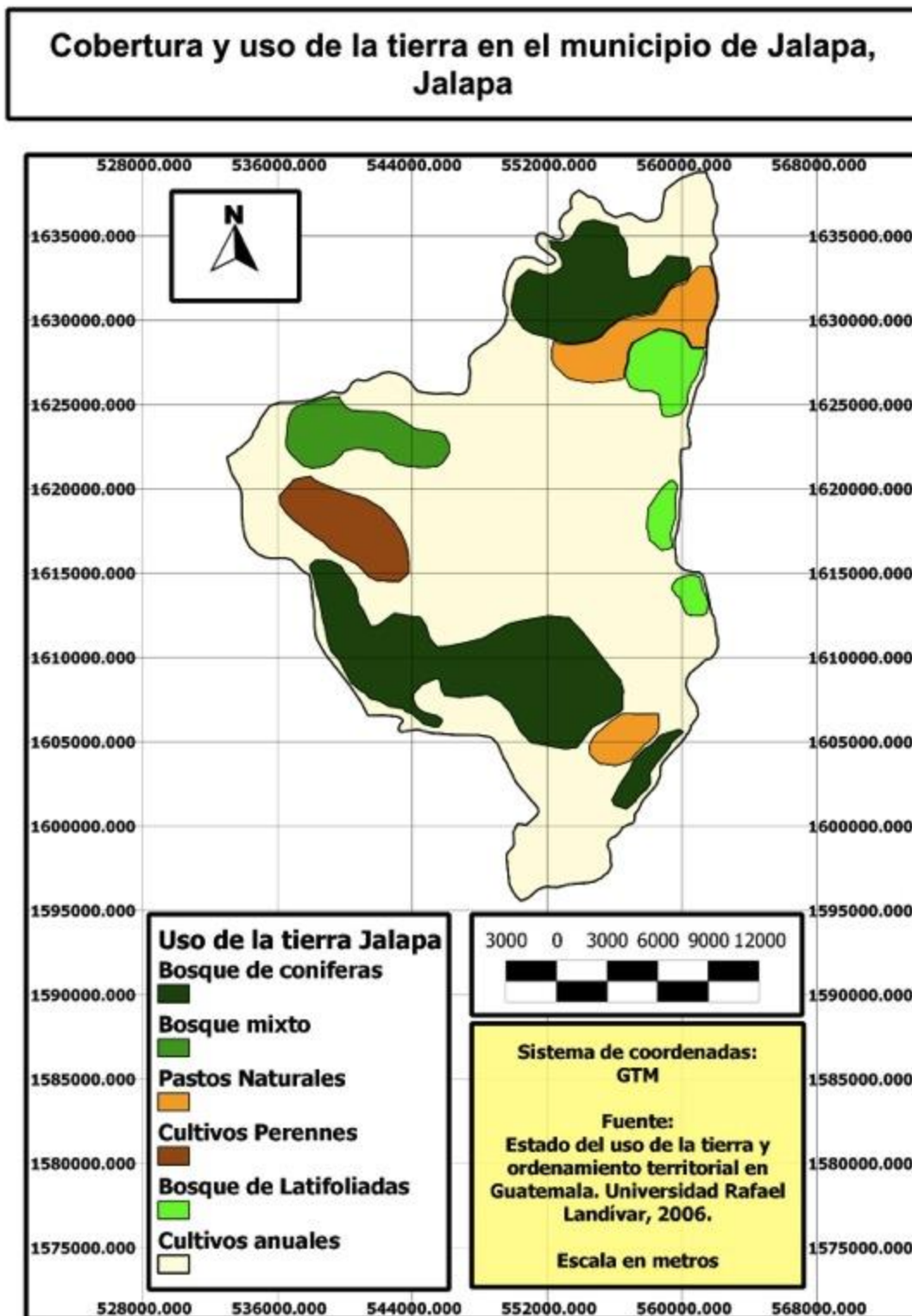
Tabla 142. Áreas protegidas en el departamento de Jalapa

No.	Nombre	Categoría	Superficie (ha)	Superficie (Km ²)	Ubicación	Bioma predominante
1	Volcán Alzatate	Zona de Veda Definitiva	2,276	22.76	Jalapa	Selva Subtropical Húmeda
2	Volcán Jumay	Zona de Veda Definitiva	2,738	27.38	Jalapa	Selva Subtropical Húmeda
3	Volcán Tobón	Zona de Veda Definitiva	1,116	11.16	Jalapa	Selva Subtropical Húmeda

Fuente: Guatemala, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, CONAP, 2005.

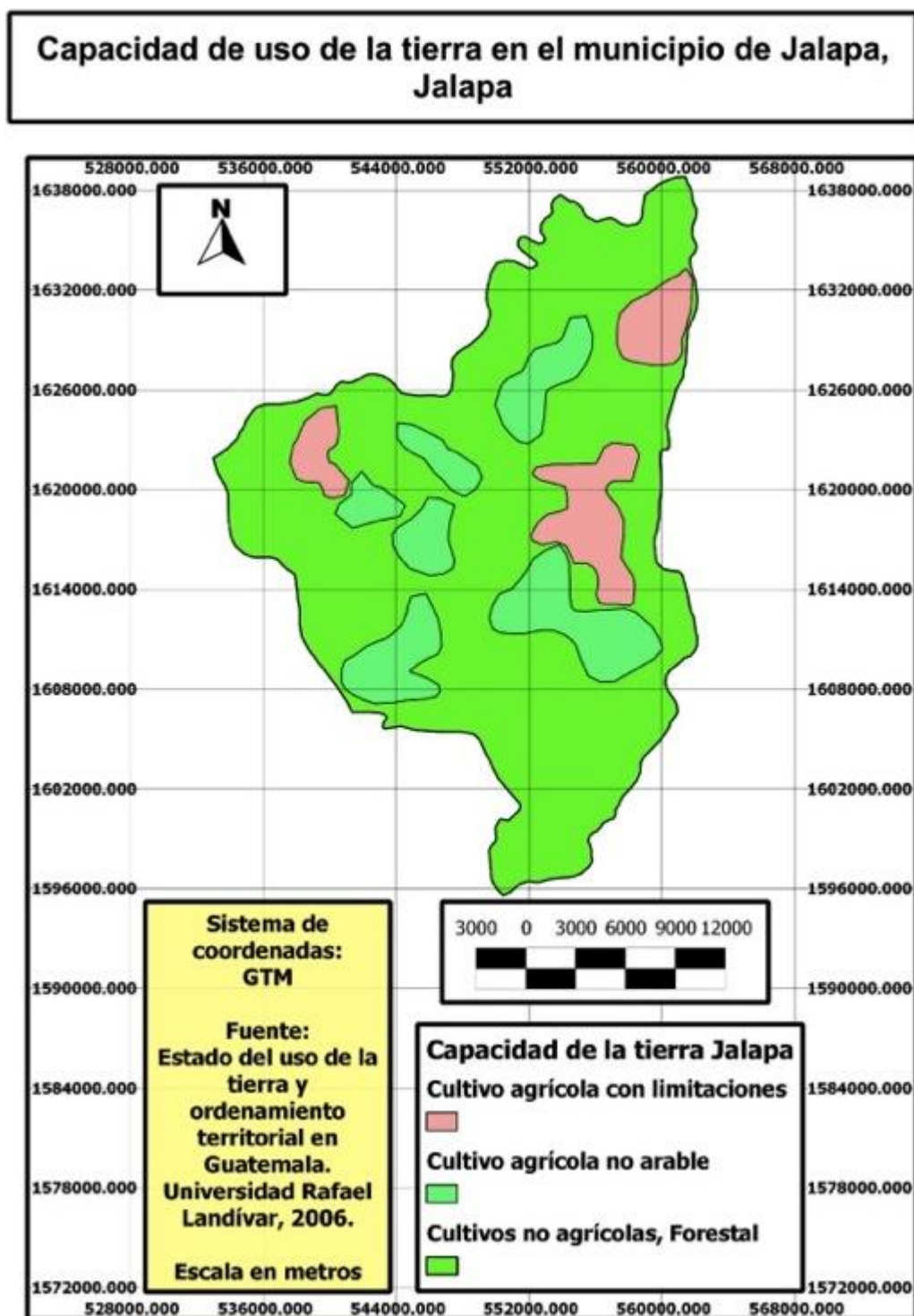
El municipio de Jalapa no presenta áreas protegidas, pero si una gran extensión boscosa, lo cual generará un mayor costo para la reforestación, que se debe de llevar a cabo en este municipio al momento de deforestar para la construcción del nuevo aeropuerto, en cuanto al tema de cultivos el suelo no presenta mayor capacidad agrícola, aunque aún se debe de considerar un cierto cuidado al suelo de este municipio aunque en menor grado que otros, como Escuintla, Patzicía o Barberena.

Figura 129. Mapa de cobertura y uso de la tierra en el municipio de Jalapa



Fuente: Elaboración propia con datos Universidad Rafael Landívar, Estado del uso de la tierra y ordenamiento territorial en Guatemala. 2006. Pág. 11

Figura 130. Mapa de capacidad de uso de la tierra en el municipio de Jalapa



Fuente: Elaboración propia con datos Universidad Rafael Landívar, Estado del uso de la tierra y ordenamiento territorial en Guatemala. 2006. Pág. 9

6. Abastecimientos de agua. Este capítulo tiene como objetivo el explicar las posibles fuentes de abastecimientos de agua que puedan llegar a ser utilizadas para la fase operacional del nuevo aeropuerto internacional. El recurso hídrico es uno de los más importantes y por ende adquiere tanta relevancia en el tema ambiental, es importante analizar las posibles fuentes de agua para abastecer al aeropuerto y asegurarse que se le dé un tratamiento adecuado, para que así el recurso sea bien aprovechado y no se llegue a contaminar el agua de la región donde se encuentre ubicado el aeropuerto.

También se buscará analizar las áreas de estudio para este proyecto, para conocer la calidad de agua disponible en los municipios estudiados (Escuintla, Sanarate, Patzicía, Barberena y Jalapa), la calidad de drenajes que existe en ellos y conocer de qué forma se puede llegar a abastecer de agua al aeropuerto internacional generando el menor impacto ambiental. Es importante hacer la aclaración que este capítulo no tocará la parte de diseño para los abastecimientos de agua, sino que únicamente explicará formas en que se puede llevar a cabo este abastecimiento, por ejemplo, por medio de la excavación de pozos y se analizará el impacto que estas opciones generen al ambiente, además de justificar que opción es más viable para cada municipio estudiado.

a. Agua potable. Antes de analizar como abastecer de agua al aeropuerto, es importante el comprender lo que se entiende por agua potable, ya que la finalidad del abastecimiento de aguas para el aeropuerto, es llevar agua potable a los usuarios del mismo y que se mantenga un buen manejo de los desechos de aguas negras o de drenajes. Según la norma COGUANOR NGO 29 001-99, el agua potable es aquella que por sus características de calidad, especificadas en la norma mencionada, es adecuada para el consumo humano. El agua potable es agua sanitariamente segura, es decir; no debe de transmitir enfermedades, debe ser libre de concentraciones excesivas de sustancias minerales y orgánicas y libres de sustancias tóxicas; y ser agradable para los sentidos, que se refiere a que debe ser incolora, inodora y de sabor agradable para las personas.

1) Tipos de fuentes de abastecimiento de agua. Desde un punto de vista hidráulico se conocen tres tipos de fuentes de abastecimiento:

a) Aguas meteóricas. Pueden encontrarse en estado de vapor, como líquido suspendido en nubes, o cayendo en forma de granizo, lluvia o nieve. Es prácticamente pura, se caracteriza por su carencia de sales minerales, es blanda, saturada de oxígeno, con alto contenido de CO₂ y por consiguiente corrosiva. Dada la precipitación irregular que pueda darse en Guatemala, no se puede dar como recomendable aprovechar este tipo de agua como medida principal, en especial para un aeropuerto. Esta puede tomarse como una fuente secundaria para almacenar agua en el caso de presentarse alguna emergencia. (Brito, 2007)

b) Aguas superficiales. Son aguas que escurren o se almacenan sobre la superficie terrestre tales como ríos, arroyos, lagos, embalses o mares. Al escurrir por la superficie estas corrientes naturales están sujeta a contaminaciones derivadas del hombre y sus actividades transformándolas en muchos casos en nocivas o impropias para la salud. Su calidad depende del tipo de suelo y vegetación. (Brito, 2007)

c) Aguas subterráneas. Son as que penetran por las porosidades de suelo mediante el proceso denominado infiltración. Se distinguen dos tipos de esta agua:

- Agua freática. es aquella que está contenida entre la superficie de la tierra y la primera capa o estrato impermeable.
- Agua artesisiana. es el agua que está contenida entre dos estratos impermeables, no se mueve libremente, está confinada y tiene una presión diferente a la atmosférica. (Brito, 2007)

De las tres opciones de abastecimiento, las opciones más viables para trabajar son las aguas subterráneas y superficiales, es decir, con pozos o en base a cuerpos de agua presentes como ríos o lagos. Para el caso del agua meteórica el problema es que esta no se puede regularizar y no se tiene en todo momento, por lo que utilizar esta como fuente de abastecimiento principal no sería algo recomendable y más bien sería una buena opción para recolectar agua en caso de alguna eventualidad o emergencia. El problema con los abastecimientos mencionados es la calidad de agua que lleguen a presentar, ya que la contaminación de ríos o lagos hace que el agua no sea potable y requiera de un tratamiento trabajoso para poder potabilizar esta para el consumo humano, al igual que el agua subterránea donde los pozos pueden llegar a contaminarse con coliformes fecales o alguna otra bacteria. A continuación, se hará una breve referencia a la calidad de agua que existe en los municipios de Escuintla, Sanarate, Barberena, Patzicía y Jalapa, para poder dar una conclusión más concreta sobre cuál de las opciones es más viable para el abastecimiento de agua del nuevo aeropuerto internacional.

b. Abastecimiento y calidad de agua en los municipios analizados. Esta sección analiza tanto la calidad del abastecimiento como la calidad del agua en los municipios analizados, mediante una investigación y recopilación de datos de diferentes tesis, las cuales hacen referencia a la Norma GOGUANOR NGO 29 001-99, la cual es la norma guatemalteca para analizar las propiedades físico-químicas del agua y declarar si es agua potable o consumible para los seres humanos, siendo está la norma mínima que deben de cumplir los abastecimientos de agua y la potabilización que se deba de llevar a cabo de las fuentes de abastecimiento existentes.

Para poder comprender los resultados de los análisis de agua y compararlos con la Norma GOGAUNOR NGO 20 001-99 es importante comprender los términos de Límite Máximo Admisible (LMA) y Límite Máximo Permisible (LMP), definidos en la norma mencionada de la siguiente manera:

- Límite Máximo Admisible (LMA). Es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba del cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores, desde un punto de vista sensorial, pero sin que implique un daño a la salud del consumidor.
- Límite Máximo Permisible (LMP). Es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad del agua, arriba del cual, el agua no es adecuada para consumo humano.
- Características físicas. Son aquellas características relativas al comportamiento físico del agua, que determinan su calidad.
- Características químicas. Son aquellas características relativas a sustancias contenidas en el agua, que determinan su calidad.
- Características bacteriológicas. Son aquellas características relativas a la presencia de bacterias en el agua, que determinan su calidad.

A continuación se mostraran los valores de LMA y LMP para las diferentes sustancias químicas, características físicas y bacteriológicas establecidas en la Norma COGUANOR NGO 29 001-99.

Tabla 143. Sustancias químicas, LMA y LMP del agua

Características	Límite máximo aceptable	Límite máximo permisible
Cloro residual libre (1) (2)	0.5 mg/L	1.0 mg/L
Cloruro (Cl ⁻)	100.000 mg/L	250.000 mg/L
Conductividad	---	< de 1 500 µS/cm
Dureza Total (CaCO ₃)	100.000 mg/L	500.000 mg/L
Potencial de hidrógeno (3)	7.0-7.5	6.5-8.5
Sólidos totales disueltos	500.0 mg/L	1 000.0 mg/L
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	100.000 mg/L	250.000 mg/L
Temperatura	15.0°C-25.0°C	34.0°C
Aluminio (Al)	0.050 mg/L	0.100 mg/L
Calcio (Ca)	75.000 mg/L	150.000 mg/L
Cinc (Zn)	3.000 mg/L	70.000 mg/L
Cobre (Cu)	0.050 mg/L	1.500 mg/L
Magnesio (Mg)	50.000 mg/L	100.000 mg/L
(1)	El límite máximo aceptable, seguro y deseable de cloro residual libre, en los puntos más alejados del sistema de distribución es de 0.5 mg/L, después de por lo menos 30 minutos de contacto, a un pH menor de 8.0, con el propósito de reducir en un 99% la concentración de <i>Escherichia coli</i> y ciertos virus.	
(2)	En aquellas ocasiones en que amenacen o prevalezcan brotes de enfermedades de origen hídrico, el residual de cloro puede mantenerse en un límite máximo permisible de 2.0 mg/L, haciendo caso omiso de los olores y sabores en el agua de consumo. Deben de tomarse medidas similares en los casos de interrupción o bajas en la eficiencia de los tratamientos para potabilizar el agua.	
(3)	En unidades de pH.	

Fuente: COGUANOR, 1985

Tabla 144. Características físicas, sensoriales del agua

Características	LMA	LMP
Color	5.0 u	35.0 u (1)
Olor	No rechazable	No rechazable
Sabor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5.0 UNT	15.0 UNT (2)
(1) Unidades de color en la escala de platino-cobalto (2) Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT). Estas siglas deben considerarse en la expresión de los resultados.		

Fuente: COGUANOR, 1985

Tabla 145. Características físicas, sensoriales del agua

Características	LMA	LMP
Color	5.0 u	35.0 u (1)
Olor	No rechazable	No rechazable
Sabor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5.0 UNT	15.0 UNT (2)
(1) Unidades de color en la escala de platino-cobalto (2) Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT). Estas siglas deben considerarse en la expresión de los resultados.		

Fuente: COGUANOR, 1985

Tabla 146. Relación de las sustancias inorgánicas con significado para la salud, con sus respectivos límites máximos permisibles (LMP)

Substancia	LMP, en miligramos por litro
Arsénico (As)	0.010
Bario (Ba)	0.700
Boro (B)	0.300
Cadmio (Cd)	0.003
Cianuro (CN ⁻)	0.070
Cromo (Cr)	0.050
Mercurio (Hg)	0.001
Plomo (Pb)	0.010
Selenio (Se)	0.010

Fuente: COGUANOR, 1985

Tabla 147. Sustancias no deseadas. Límite máximo aceptable y límite máximo permisible

Característica	LMA, en miligramos/litro	LMP, en miligramos / litro
Fluoruro (F)	---	1.700
Hierro total (Fe)	0.100	1.000
Manganeso (Mn)	0.050	0.500
Nitrato (NO ₃ ⁻)	---	10
Nitrito (NO ₂ ⁻)	---	1

Fuente: COGUANOR, 1985

1) Calidad de agua en el municipio de Barberena, Santa Rosa. En el municipio de Barberena el 30.2% de viviendas no cuentan con acceso a fuentes mejoradas de abastecimiento de agua potable. Para este municipio se tiene la meta, en materia de acceso al agua potable, de aumentar de 59.3%, en 1994, a un 79.7% para el año 2015; donde en la actualidad se tiene un déficit de 737 servicios de agua potable por instalar. Los servicios de agua en el municipio no aplican cloro de forma sistemática en muchas comunidades, por lo cual las personas corren riesgos mediante el consumo de agua dada la contaminación que existe en las fuentes de abastecimiento. (SEGEPLAN, 2010)

2) Calidad de agua en el municipio de Jalapa, Jalapa. El municipio de Jalapa, indica en el censo de 2002 que el 81.9% de hogares cuenta con fuentes mejoradas de abastecimiento de agua potable, aunque siguen habiendo unas 3,641 familias que no cuentan con servicio de agua potable. En el análisis de medio ambiente se manifestó la deficiencia de los sistemas de agua en el municipio y la contaminación del agua a causa de la falta de clarificación identificándose que las locaciones en el municipio con más deficiencia en agua son el casco urbano, Los Izotes, San José Carrizal, El Bosque, La Pastoría y Achiotes Jumay. (SEGEPLAN, 2010)

Como se comenta anteriormente, la Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia menciona la contaminación que se da en el agua del municipio de Jalapa, pero para un mejor análisis se mostrarán a continuación los resultados de un análisis físico-químico de varias muestras de agua del municipio de Jalapa, tomadas de la tesis, *Control de calidad del agua para consumo humano de la cabecera departamental de Jalapa, municipio de Jalapa*.

Tabla 148. Datos promedio para el análisis físico del agua en municipio de Jalapa

Fuente	Lugar	Período	Turbidez	Olor	Sabor	Potencial de hidrógeno
Tanque	El Arenal	22/05 – 2/07 2003	40.20	No rechazable	Rechazable	7.20
Pozo 1	El Complejo zona 2	22/05 – 2/07 2003	21.40	No rechazable	Rechazable	7.23
Pozo 2	Lazareto	22/05 – 2/07 2003	26.60	No rechazable	Rechazable	7.08
Pozo 3	Porvenir	22/05 – 2/07 2003	25.60	No rechazable	Rechazable	7.05
Toma 1	Zona 5	22/05 – 2/07 2003	45.00	No rechazable	Rechazable	7.19
Toma 2	Zona 2	22/05 – 2/07 2003	49.80	No rechazable	Rechazable	7.04
Toma 3	Zona 3	22/05 – 2/07 2003	34.00	No rechazable	Rechazable	7.07
Toma 4	Zona 4	22/05 – 2/07 2003	28.40	No rechazable	Rechazable	7.35
Toma 5	Zona 1	22/05 – 2/07 2003	44.40	No rechazable	Rechazable	7.38
Toma 6	Zona 6	22/05 – 2/07 2003	37.40	No rechazable	Rechazable	6.81

Fuente: Morales, 2003

Tabla 149. Datos promedio para el análisis químico del agua en municipio de Jalapa

Fuente	Lugar	Período	Cloruros mg/L	Nitratos mg/L	Hierro mg/L	Dureza total mg/L
Tanque	El Arenal	22 mayo al 2 de julio 2003	0.16	0.71	0.11	44.60
Pozo 1	El Complejo zona 2	22 mayo al 2 de julio 2003	0.10	0.88	0.17	41.60
Pozo 2	Lazareto	22 mayo al 2 de julio 2003	0.14	1.07	0.12	46.40
Pozo 3	Porvenir	22 mayo al 2 de julio 2003	0.14	1.34	0.11	52.00
Toma 1	Zona 5	22 mayo al 2 de julio 2003	0.10	1.01	0.24	46.40
Toma 2	Zona 2	22 mayo al 2 de julio 2003	0.10	0.51	0.21	51.40
Toma 3	Zona 3	22 mayo al 2 de julio 2003	0.10	0.69	0.23	40.60
Toma 4	Zona 4	22 mayo al 2 de julio 2003	0.14	1.74	0.15	57.60
Toma 5	Zona 1	22 mayo al 2 de julio 2003	0.10	0.79	0.21	62.60
Toma 6	Zona 6	22 mayo al 2 de julio 2003	0.10	0.92	0.16	44.40

Fuente: Morales, 2003

Según los resultados promedio que se observan en el análisis físico, la turbidez muestra un resultado por encima del Límite Máximo Permisible, por lo que no cumple con la Norma COGUANOR NGO 29 001-99, la cual establece que el máximo para esto es de 25 UTM, esto debido a que los filtros utilizados no ejecutan una buena filtración de la misma, ya que estos se encuentran en mal estado, habiendo de tal manera un paso de partículas insolubles hacia el tanque y por consiguiente a pozos y red de distribución. Respecto al análisis de sabor todas las muestras fueron rechazadas, lo cual se debe a la turbidez que presenta. (Morales, 2003)

Respecto a los análisis químicos es importante mencionar que el agua potable no recibe el tratamiento de cloración adecuado, estando la media en un rango de 0.075 – 0.175 ppm lo cual se encuentra muy por debajo del Límite Máximo Admisible de 2.00 ppm que establece la Norma COGUANOR NGO 29 001-99, lo que genera como consecuencia que en el análisis microbiológico el 100% de las muestras presenten contaminación por E. coli. Las muestras mostraron unidades formadoras de colonias mayores a 4 lo cual está por encima a los límites permitidos por la Norma COGUANOR, haciendo del agua no apta para el consumo humano, ya que esta puede provocar daños a la salud, desatando enfermedades gastrointestinales. (Morales, 2003)

3) Calidad de agua en el municipio de Patzicía, Chimaltenango. En el municipio de Patzicía no hay proceso de tratamiento para el agua, el servicio que la municipalidad presta es agua entubada, pero no logra cumplir con las condiciones óptimas necesarias para el consumo humano; debido a que la obtención de este recurso es de nacimientos que no tienen el debido mantenimiento y algunos se encuentran con cierto grado de contaminación. (Martínez, 2011)

Para los hogares en donde no se cuenta con red de distribución se abastece por pozo, ya sea propio o público, esto se ve más en el área rural; los chorros compartidos también es un medio en que la población tiene acceso a este recurso. Otra condición que limita el acceso a este servicio es la distribución y la infraestructura que actualmente se encuentra en el municipio, el costo de mantenimiento y prestación del servicio es muy elevada, para cumplir con las condiciones necesarias de suministro. (Martínez, 2011)

Estos datos dan como conclusión que en el municipio de Patzicía no se cuenta con un buen servicio de agua potable. Se necesita mejorar mucho en este aspecto, además que la calidad de agua disponible en el municipio no es buena, ya que los abastecimientos para obtener el agua se encuentran contaminados; pudiendo ser estos focos para enfermedades para los pobladores de la región.

4) Calidad de agua en el municipio de Sanarate, El Progreso. Los datos censales del 2002, reportan una cobertura del 77.64%, en lo que corresponde al servicio de agua entubada, de las cuales el 71.60% disponen de un chorro para uso exclusivo en el hogar, el resto dispone de un chorro para varios hogares o bien de chorros públicos, que se encuentran fuera de la vivienda. La población que o tiene acceso al servicio de agua, se dota por medio de pozos mecánicos y/o artesanales, o bien la compran en camiones cisternas, por medio de ríos, o algún manantial cercano a la vivienda. Este municipio no cuenta con un sistema eficiente de distribución de agua, por lo que el servicio para el abastecimiento de aguas es malo. (SEGEPLAN, 2012)

Para el análisis de la calidad del agua en el municipio de Sanarate se tomó como base la tesis *«Determinación de la calidad del agua para consumo humano y uso industrial proveniente de la planta de tratamiento La Carbonera, municipio de Sanarate, Departamento de El Progreso, Guatemala.»* De esta tesis se extraerán los resultados físico-químicos de muestras de agua extraídas de la planta de tratamiento mencionada para conocer la calidad de agua que abastece al municipio de Sanarate, El Progreso.

La planta de tratamiento de agua “La Carbonera” está situada en la parte central del municipio de Sanarate, utilizando como fuente el río los plátanos dando como resultado un caudal de agua tratada de 48 L/s. Esta planta consta de las siguientes unidades: unidad de dosificación, unidad de mezcla, unidad de floculación, unidad de decantación y unidad de filtración. (Solórzano, 2005)

Tabla 150. Parámetros físicos obtenidos de la Planta de tratamiento “La Carbonera”

PARÁMETROS	Muestras				
	1	2	3	4	5
Temperatura (C)	21	21	22	21	22
Potencial de Hidrogeno (unidades)	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
conductividad eléctrica (microhoms/cm)	274	271	292	289	290
Sólidos Totales (mg/L)	151	151	149	150	152
Turbiedad (UTN)	2.36	1.79	2.1	2	1.56
Color (unidades de color)	5	5	5	6	5

Fuente: Solórzano, 2005

Tabla 151. Parámetros químicos promedio obtenidos del agua que abastece la planta de tratamiento “La Carbonera”

Punto de Muestreo	calcio mg/L	alcalinidad mg/L	Dureza mg/L	Amonio mg/L	Hierro mg/L	Manganeso mg/L
Tanque de distribución	21.44	94	76	0.23	0.14	0.21
Centro de Salud	23.39	92.8	82.8	0.21	0.16	0.16
Casa particular	23.88	90.4	82	0.22	0.14	0.15
Municipalidad	26.13	94.4	81.6	0.22	0.16	0.19

Fuente: Solórzano, 2005

Tabla 152. Parámetros químicos promedio del agua que abastece la planta de tratamiento “La Carbonera” parte 2

Punto de Muestreo	Cloruros mg/L	Sodio mg/L	Potasio Mg/L
Tanque de distribución	16.5	21	6.1
Centro de Salud	17.5	22.6	6.4
Casa particular	13	22.8	6.2
Municipalidad	15	22.4	6.4

Fuente: Solórzano, 2005

Según los resultados que se observan en las tablas anteriores los resultados obtenidos del agua proveniente de la planta de tratamiento “La Carbonera” se encontraron dentro de los límites de la Norma CONGUANOR NGO 29 001-99. Los parámetros físicos como temperatura, color, turbiedad, conductividad eléctrica, potencial de hidrógeno y sólidos disueltos totales se encontraron abajo de los máximos permisibles de la Norma, por lo cual se puede considerar el agua apta para consumo humano respecto a estas características. Los resultados observados de las concentraciones de los parámetros químicos muestran que al comparar las concentraciones de calcio, nitratos, cloruros, fluoruros, sulfatos, dureza, hierro y manganeso estos cumplen con los límites máximos aceptables según la Norma COGUANOR NGO 29 001-99, por lo que también puede considerarse apta para consumo humano respecto a estas características. Finalmente los resultados bacteriológicos de las muestras dieron un resultado negativo, por

lo que hay ausencia total de microorganismos que pueda afectar la salud, por lo que el agua, según la Norma COGUANOR NGO 29 001-99 es potable y apta para consumo humano. (Solórzano, 2005)

Con estos resultados podemos definir que la calidad de agua en el municipio de Sanarate es muy buena, ya que cumple con el mínimo de la Norma COGUANOR NGO 29 001-99, por lo que el agua es potable y apta para consumo humano, el problema de este municipio es el abastecimiento del agua y las pobres instalaciones que se tienen, ya que muchos hogares no cuentan con acceso a este servicio, además que la infraestructura existente se encuentra muy dañada y sin mantenimiento.

5) Calidad de agua en el municipio de Escuintla, Escuintla. La siguiente tabla muestra los sistemas de cloración para el agua en el municipio de Escuintla.

Tabla 153. Servicios básicos y agua Escuintla, Escuintla

Viviendas y Servicios	Urbano	%	Rural	%	Total	%
No. Total de viviendas	18,650	66.19	9,525	33.81	28,175	100
No. De viviendas con acceso a agua intradomiciliar	17,717	95	8,717	91.52	26,434	93.82
No. De viviendas con letrina y/o inodoro	17,718	95	8,716	91.51	26,434	93.82
Total de acueductos	16	100	10	100	26	100
Total de acueductos con sistema de cloración funcionando	1	6.25	0	0.0	1	6.25

Fuente: SEGEPLAN, 2010

Como se observa en la tabla anterior el porcentaje de sistemas de cloración para los acueductos presentes en el municipio es muy pobre, únicamente el 6.25% de los acueductos tiene dicho sistema, y se observa que esto se resume a que en el casco urbano del municipio únicamente se posee un acueducto con sistema de cloración y en el área rural no se posee ninguno, situación que muestra la falta tanto de abastecimiento de agua como de calidad de la misma para el consumo humano en el municipio.

Respecto a las aguas subterráneas, según la tesis “*Evaluación del caudal municipal de agua para consumo humano, real y teórico actuales, en la ciudad de Escuintla*”, el agua “no es potable” bacteriológicamente dado que hay muchos problemas con aspectos como heces fecales y un mal proceso de cloración con el agua, situación que se observa en la tabla anterior, por lo que se puede concluir que en términos de aguas subterráneas, el municipio de Escuintla muestra una seria dificultad en cuanto al tratamiento de potabilización del agua y la infraestructura para el abastecimiento de la misma. (Vega, 2005)

c. Tipos de pozos. Dada la dificultad que genera ambientalmente el utilizar abastecimientos de agua superficiales, por el impacto generado en los ecosistemas, y la contaminación de los cuerpos de agua por heces fecales humanas y animales, se recomendará el utilizar pozos para abastecer agua al nuevo aeropuerto. Un pozo para abastecimiento de agua es un hueco profundo en la tierra para interceptar acuíferos o mantos de aguas subterráneas. Los pozos se clasifican en cinco tipos de acuerdo con el método de construcción, estos pueden ser los siguientes.

1) Pozo excavado. Es aquel que se construye por medio de picos, palas, etc., o equipo para excavación como cucharones de arena. Son de poca profundidad y se usan donde el nivel freático se encuentra muy cercano a la superficie. Su principal ventaja es que pueden construirse con herramientas manuales, además su gran diámetro proporciona una considerable reserva de agua dentro del pozo mismo. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2004)

2) Pozo taladrado. Es aquel en que la excavación se hace por medio de taladros rotatorios, ya sean manuales o impulsados por fuerza motriz. Su principal ventaja es que pueden construirse con herramientas manuales, además su gran diámetro proporciona una considerable reserva de agua dentro del pozo mismo. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2004)

3) Pozo a chorro. Es aquel en que la excavación se hace mediante un chorro de agua a alta velocidad. El chorro afloja el material sobre el cual actúa y lo hace rebalsar fuera del hueco. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2004)

4) Pozo clavado. Es aquel que se construye clavando una rejilla con punta, llamada puntera. A medida que esta se calva en el terreno, se agregan tubos o secciones de tubos enroscados. Son de pequeño diámetro. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2004)

5) Pozo perforado. La excavación se hace mediante sistemas de percusión o rotación. El material cortado se extrae del hueco con un achicador, mediante presión hidráulica, o con alguna herramienta hueca de perforar. Cada tipo de pozo tiene sus ventajas particulares, que pueden ser, la facilidad de construcción, tipo de equipo requerido, capacidad de almacenamiento, facilidad de penetración o facilidad de protección contra la contaminación, que sería el caso de este último tipo de pozo, por lo que se recomienda el utilizar pozos perforados para el abastecimiento de agua del aeropuerto. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2004)

d. Indicadores basados en un análisis del sector ambiental

1) Indicadores de desarrollo social. Los indicadores de desarrollo social son un factor a investigar para conocer las condiciones iniciales de una determinada región, es decir; conocer que servicios poseen y si la calidad es buena o mala. Poder dar una idea de que desarrollo existe en la ubicación y como el aeropuerto aumentaría exponencialmente el desarrollo en la región. Básicamente estos factores colaboran da dar una idea general de las condiciones en las que el municipio seleccionado se encuentra, para proponer que planes de desarrollo deben de implementarse antes de considerar la construcción de un nuevo aeropuerto y conocer que municipios pueden llegar tener un mayor desarrollo con la construcción de un nuevo aeropuerto.

2) Disponibilidad de servicio de agua potable. Este indicador mostrará las facilidades con las que cuenta la región para el abastecimiento de agua. El indicador ayudará a analizar qué tan preparada se encuentra la locación en el tema de abastecimientos de agua para considerar la posibilidad de utilizar fuentes municipales para abastecer al aeropuerto o por lo menos el abastecer la fase de construcción de este. De igual forma es un indicador de desarrollo para analizar qué tan preparada esta la región para crecer y si es factible un desarrollo en la región o un aumento poblacional considerando si sus instalaciones están preparadas para esto o no.

Tabla 154. Indicador de disponibilidad de servicios de agua potable

	1	2	3	4	5
Disponibilidad de servicios de agua potable	0% - 20%	20% - 40%	40% - 60%	60% - 80%	80% - 100%

Fuente: Elaboración Propia

3) Disponibilidad de servicios sanitarios. La presencia de tratamiento de aguas y los drenajes son un parte muy importante en una comunidad, además que son un indicador para el cuidado del ambiente. En relación al aeropuerto la consideración de los servicios sanitarios no está orientada a verificar si las aguas de este se pueden tratar con sistemas municipales, ya que lo generado por este es una demanda mucho mayor de lo que seguramente puedan soportar los drenajes y tuberías municipales. El efecto que se trata de analizar aquí viene más relacionado con el tema ambiental y la preparación de la región para tratar con un aumento en el uso de sanitarios, ya que de crecer las áreas aledañas a la región del aeropuerto, es inevitable el pensar en centros comerciales y restaurantes los cuales también deberán contar con servicios sanitarios lo que aumentará la demanda de uso de los drenajes municipales y se debe considerar si la región está preparada para esto, ya que de no ser así, no se le dará un trato adecuado a las aguas negras y esto puede acabar contaminando los cuerpos de agua o fuentes de agua potables de la región.

Tabla 155. Indicador de disponibilidad de servicios sanitarios

	1	2	3	4	5
Disponibilidad de servicios sanitarios	0% - 20%	20% - 40%	40% - 60%	60% - 80%	80% - 100%

Fuente: Elaboración propia

4) Población alfabeta. El indicador de la población alfabeta es de utilidad para conocer si en la región se cuenta con personas capacitadas para trabajar en el aeropuerto en la fase de operación y tener una idea de cómo comunicar el proyecto a los pobladores de la región donde se desee construir el aeropuerto, este indicador debe ir de la mano con el nivel de escolaridad el cual dará una vista más amplia de la preparación académica de las personas en la región.

Tabla 156. Indicador de población alfabeta en la región

	1	2	3	4	5
Población Alfabetizada en la región	0% - 20%	20% - 40%	40% - 60%	60% - 80%	80% - 100%

Fuente: Elaboración propia

5) Nivel de escolaridad. El nivel de escolaridad va de la mano con el analfabetismo en la región. El poder comprender el nivel académico que posee la población de la región será un indicador de desarrollo para el aeropuerto. Además de que aumenta las posibilidades de desarrollo para la población ya que una población bien preparada o con un alto nivel de escolaridad, podrá entender la magnitud del proyecto y adecuarse de la mejor manera a la situación para tomar provecho de ella y generar un desarrollo en sus comunidades.

Tabla 157. Indicador de nivel de escolaridad en la región

	1	2	3	4	5
Nivel de escolaridad en la región	El mayor porcentaje de la población no presenta estudios de ningún tipo	El mayor porcentaje de la población presenta estudios de nivel de pre-primaria	El mayor porcentaje de la población presenta estudios de nivel de primaria	El mayor porcentaje de la población presenta estudios de nivel de secundaria y diversificado	El mayor porcentaje de la población presenta estudios de nivel universitarios

Fuente: Elaboración Propia

6) Población económicamente activa. Este indicador tiene el objeto de mostrar la actividad económica actual de los diferentes municipios analizados, de esta forma se podrá plantear que municipios presentan los comercios más grandes para que el aeropuerto pueda desarrollarse, pero a la vez también toma relevancia el mostrar que municipios presentan un desarrollo económico bajo y tomar en cuenta esto para ubicar el aeropuerto en estas locaciones económicamente bajas para mejorar el desarrollo económico de alguno de los municipios a analizar.

Dado que el nuevo aeropuerto será una fuente de trabajo, es importante considerar que el construir este en una ubicación económicamente activa baja, puede ayudar a mejorar el índice de desempleo y aumentar a las personas económicamente activas en la región, generando un mayor desarrollo en la ubicación analizada, además que el aeropuerto generará más comercio en la región como hoteles y restaurantes, lo que generará más fuentes de empleo y un mayor desarrollo. Por estas razones para calificar un municipio, este tendrá mejor calificación mientras más oportunidad de desarrollo presente, es decir; en los municipios donde exista una actividad económica baja.

Tabla 158. Indicador de población económicamente activa

	1	2	3	4	5
Población económicamente activa	80% - 100%	60% - 80%	40% - 60%	20% - 40%	0% - 20%

Fuente: Elaboración propia

7) Disponibilidad de alumbrado eléctrico. La disponibilidad de alumbrado eléctrico muestra la capacidad de la región para abastecerse de energía eléctrica. Se debe considerar que el aeropuerto no puede llegar a quedarse sin energía, ya que esto representaría grandes retrasos en vuelos y esto se vería reflejado en grandes pérdidas de dinero y confiabilidad por parte del aeropuerto, por lo que es importante que el aeropuerto tenga su propia planta de energía para el caso de emergencias.

Tabla 159. Indicador de disponibilidad de alumbrado eléctrico

	1	2	3	4	5
Disponibilidad de alumbrado eléctrico en la región	0% - 20%	20% - 40%	40% - 60%	60% - 80%	80% - 100%

Fuente: Elaboración Propia

La calificación de este indicador toma una nota de 1 como falta de disponibilidad de alumbrado eléctrico o un alumbrado eléctrico malo y pobre, dando pauta a una constante ausencia de energía, mientras que una nota de 5 muestra una excelente disponibilidad de alumbrado eléctrico y da la pauta a pensar que la ausencia de energía en esta región es muy poco probable. Para evaluar este indicador se trabaja en base a porcentajes de abastecimiento de energía eléctrica en la población, es decir; a qué porcentaje de la población en el municipio se le presta el servicio de energía eléctrica.

e. Indicadores ambientales directos. Los indicadores ambientales directos son aquellos que mostrarán si una región presenta problemáticas ambientales importantes, o si existe una limitante como zonas protegidas o muchas zonas boscosas que puedan llegar a dificultar la construcción del nuevo aeropuerto. Dado que esta investigación se basa en el análisis ambiental, estos indicadores tendrán un peso mayor dentro de la ponderación y calificación de cada locación. Los indicadores ambientales directos considerados se presentan a continuación.

1) Topografía del terreno donde se ubique el aeropuerto. Este indicador será de utilidad para conocer qué tan apto es el terreno de la región para poder construir el aeropuerto, si es una zona que presenta alturas muy grandes, esto afectará el desempeño de las aeronaves y dificultará los despegues de estas, ya que mientras más altura se tenga es más difícil el despegue.

Tabla 160. Indicador de la topografía del terreno

	1	2	3	4	5
Topografía del terreno donde se ubique el aeropuerto	Alturas > 3,000 msnm	Altura entre 3,000-2,000 msnm	Altura entre 2,000-1,500 msnm	Altura entre 1,500-1,000 msnm	Altura entre 1,000-0 msnm

Fuente: Elaboración propia

Es importante considerar que este indicador va muy apogado también a los accidentes geográficos de la región que pueden generar obstáculos para el aterrizaje o despegue de aeronaves, por lo cual se creó otro indicador el cual se muestra a continuación.

2) Accidentes geográficos que puedan ser obstáculo para el aterrizaje y despegue de aeronaves. Los accidentes geográficos, como montañas o volcanes, pueden ser un obstáculo para las aeronaves tanto al momento de despegue como al de aterrizaje. Dentro de este indicador la importancia radica en que si en la región estudiada se presenta poca altura, puede parecer que es un terreno apto para el aeropuerto, pero si esta se encuentra entre un valle por ejemplo, el problema es que el aeropuerto se verá rodeado de montañas o algún otro tipo de accidente geográfico, lo que generará gran dificultad al momento de despegue y aterrizaje de aeronaves, como podría ser un claro ejemplo el aeropuerto de Tegucigalpa, en Honduras.

Tabla 161. Indicador de accidentes geográficos en la región

	1	2	3	4	5
Accidentes geográficos que pueden ser obstáculo para el aterrizaje y despegue de aeronaves	La ubicación del aeropuerto está en una región montañosa	La ubicación del aeropuerto presenta accidentes geográficos como montañas y volcanes en sus cercanías, que obstaculizan el aterrizaje o despegue	La ubicación del aeropuerto presenta accidentes geográficos como montañas y volcanes a una distancia pertinente, aunque pueden obstaculizar el aterrizaje o despegue	Los accidentes geográficos presentes en la región no presentan obstáculo para el aterrizaje o despegue de aeronaves	La región no presenta accidentes geográficos que obstaculicen la pista del aeropuerto para el aterrizaje o despegue de aeronaves

Fuente: Elaboración propia

Este indicador sirve como un complemento al indicador de la topografía ya que mostrará si los niveles de altura en el terreno son adecuados y a su vez verificará que no haya obstáculos alrededor del terreno para que pueda haber un libre aterrizaje y despegue de las aeronaves.

3) Calidad agua disponible en el municipio. Este indicador servirá para conocer la calidad de agua con la que dispone el municipio que se analice. Es importante el mencionar que este indicador deberá ir acompañado de un estudio bacteriológico y químico, el cual deberá realizar el profesional pertinente para poder tener los porcentajes de concentración de las diferentes sustancias que puedan encontrarse en los cuerpos de agua. Estos resultados deberán ser comparados según la norma COGUANOR NGO 29 001:99, para así poder concluir sobre el estado de calidad del agua y aplicar los criterios que se muestran en siguiente tabla. Ya conociendo las concentraciones de sustancias químicas que existan y las bacterias que se encuentre en los cuerpos de agua, como las que se pueden generar por heces fecales, se podrá asignar una calificación, según los criterios de la tabla siguiente.

Tabla 162. Indicador de calidad de aguas superficiales disponibles

	1	2	3	4	5
Calidad de aguas superficiales disponibles	El municipio no presenta servicios de agua potable, por lo que el agua no es potable o apta para consumo humano	El municipio presenta servicios de agua potable de mala calidad, el agua no es potable o apta para consumo humano	El municipio presenta servicios de agua potable a menos del 60% de la población, el agua es potable y apta para consumo humano	El municipio presenta servicios de agua potable a más del 60% de la población, el agua es potable y apta para consumo humano	El municipio presenta servicios de agua potable a más del 80% de la población, el agua es potable y apta para consumo humano

Fuente: Elaboración propia

4) Calidad de suelo disponible para agricultura. Para fines de este proyecto la calidad del suelo para la agricultura será tomada como un aspecto negativo en caso de tener una buena calidad, ya que ambientalmente esto será perjudicial en relación a medidas de mitigación para cuidar los suelos y con problemas de tipo social, ya que si se tiene que construir en suelos fértiles o que son utilizados para siembras esto puede generar el descontento de los pobladores de la región y llegar a parar el proyecto.

Tabla 163. Indicador de calidad de suelo disponible para la agricultura

	1	2	3	4	5
Calidad de suelo disponible para la agricultura	Mayor porcentaje de suelos fértiles que presentan cosechas	Mayor porcentaje de suelos fértiles, pero no presentan cosechas	Menor porcentaje de suelos fértiles, aunque hay cosechas	Menor porcentaje de suelos fértiles, no se presentan cosechas	No se presentan suelos fértiles ni cosechas

Fuente: Elaboración propia

Es importante el analizar qué tipo de terreno existe en las locaciones estudiadas, ya sea mediante mapas o visitas de campo, de esta forma se podrá observar que porcentajes de terreno ocupan mayormente las áreas fértiles y de cosechas para evitar el trabajar en estos terrenos. En relación a la calificación, una nota de 1 muestra un terreno fértil y que posee cosechas, pero como se mencionó con anterioridad este aspecto es considerado negativo, por lo que se toma como un mal terreno para poder llevar a cabo el proyecto, una nota de 5 muestra un terreno sin cosechas ni tierras fértiles por lo que puede ser una buena locación para llevar a cabo el proyecto.

5) Porcentaje de áreas deforestadas en relación al total del área a utilizar para la construcción del aeropuerto. Este indicador ayudará a dar una idea de cuanta área de cobertura vegetal y forestal debe ser removida y deforestada de la región estudiada como posible ubicación para el aeropuerto. Para hacer este indicador confiable siempre se debe de tomar en cuenta la misma área total para el aeropuerto, es decir; no se puede suponer un área para una locación y otra diferente, ya sea mayor o menor, para otra locación; ya que esto haría que las cantidades deforestadas varíen en relación al área, mientras que con un misma área de construcción el porcentaje que se llegue a remover demostrará donde la implementación de medidas de reforestación representarán un costo mayor y en qué región se generará un mayor impacto ambiental.

Tabla 164. Indicador del porcentaje de áreas deforestadas en relación al total del área

	1	2	3	4	5
Porcentaje de áreas deforestadas en relación al total del área a utilizar para la construcción del aeropuerto	80% - 100%	60% - 80%	40% - 60%	20% - 40%	0% - 20%

Fuente: Elaboración Propia

Como se mencionó es importante el considerar siempre la misma área total de construcción para las diferentes locaciones estudiadas como posibles ubicaciones para el aeropuerto, para tener una misma referencia y comparar los porcentajes de deforestación entre las diferentes locaciones. En relación a la calificación que se pueda dar a un lugar en términos de la deforestación, si se obtiene una nota de 1, esta quiere decir que se debe deforestar entre un 80% y 100% del área total de construcción lo que generará un mayor gasto en la medida de mitigación de reforestación y habrá que tener un mayor cuidado con el impacto ambiental generado ya que será mucho mayor que el caso de una nota de 5, donde únicamente debe deforestar hasta un máximo del 20%, lo que implicara un gasto mucho menor en la reforestación y el impacto ambiental será bajo.

6) Distancia de Patrimonio cultural o áreas protegidas a ubicación de aeropuerto. El indicador de áreas protegidas básicamente sirve para conocer a que distancia debe de encontrarse el aeropuerto en relación a la existencia o ausencia de estas áreas. Este indicador es de suma importancia ya que a nivel ambiental las áreas protegidas están restringidas en su uso para el desarrollo de este proyecto, además que su cercanía aumenta la importancia de las medidas de mitigación y puede generar más costos para evitar que se genere algún daño a las zonas protegidas.

Tabla 165. Indicador de Áreas protegidas

	1	2	3	4	5
Distancia de patrimonio cultural o áreas protegidas a ubicación de aeropuerto	Presencia de áreas protegidas a menos de 5 Km a la redonda del área del aeropuerto	Presencia de áreas protegidas a más de 5 Km a la redonda del área del aeropuerto	Presencia de áreas protegidas a más de 8 Km a la redonda del área del aeropuerto	Presencia de áreas protegidas a más de 10 Km a la redonda del área del aeropuerto	La región no presenta ningún área protegida

Fuente: Elaboración propia

En relación a la calificación que se pueda dar en este indicador, una nota de 1 muestra un problema en cuanto a la ubicación la cual se tomaría como mala, dada su cercanía con una zona protegida, mientras que una nota de 5 no vería ningún problema en la locación dado que no existirían áreas protegidas. En este caso también es importante el considerar la nota de 4, ya que no deja de ser mala ubicación una donde las áreas protegidas se encuentren a más de 10 Km de distancia a la redonda, inclusive queda a criterio del evaluador si otorgar la puntuación de 5 es recomendable para alguna ubicación donde la distancia a una zona protegida es tan grande que pueda considerarse como si no hubiese alguna, o si la distancia, por ser muy amplia, no presenta realmente alguna adversidad al proyecto por lo que se podría considerar el otorgar la nota de 5.

7. Utilización de la metodología para el análisis de indicadores ambientales para la construcción de un nuevo aeropuerto internacional. Para aplicar la metodología lo primero que se debe de trabajar son los indicadores ambientales que se mostraron anteriormente. A cada uno de estos se les da una calificación según cada criterio analizado en base a los estudios realizados de cada locación, calificaciones que irán entre 1 y 5 como se mencionó anteriormente.

Ya con los indicadores analizados y con el conocimiento de cada calificación por indicador, se procederá a implementar el cuadro ponderado, colocando las calificaciones de cada indicador como se estableció en la sección anterior, para obtener un resultado sobre que locaciones presentan las condiciones más adecuadas para ubicar en esta el nuevo aeropuerto internacional. A continuación se mostrará el cuadro ponderado con los indicadores ya calificados y la respectiva ponderación/importancia de cada indicador analizado.

Tabla 166. Resultados de cuadro ponderado

No.	Descripción	Factor de Importancia (1-10)	El Progreso	Escuintla	Chimaltenango	Santa Rosa	Jalapa
Análisis de indicadores ambientales directos (80% de valoración sobre la ponderación a cada criterio)							
1	Topografía del terreno donde se ubique el aeropuerto	7	4 22	5 28	2 11	3 17	4 22
2	Accidentes geográficos que pueden ser obstáculo para el aterrizaje y despegue de aeronaves	8	4 26	2 13	3 19	3 19	3 19
3	Calidad de agua disponible en el municipio	6	4 19	3 14	1 5	2 10	4 19
4	Calidad de suelo disponible para la agricultura	10	3 24	1 8	2 16	1 8	1 8
5	Porcentaje de áreas deforestadas en relación al total del área a utilizar para la construcción del aeropuerto	10	5 40	5 40	2 16	4 32	1 8
6	Distancia de patrimonio cultural o áreas protegidas a ubicación de aeropuerto	9	5 36	2 14	1 7	5 36	5 36
Total parcial indicadores ambientales directos, 80%			167.2	117.6	74.4	121.6	112.8
Análisis de indicadores de desarrollo social (20% de valoración sobre la ponderación a cada criterio)							
1	Disponibilidad de servicios de agua potable	5	4 4	4 4	2 2	5 5	4 4
2	Disponibilidad de servicios sanitarios	5	3 3	4 4	3 3	2 2	2 2
3	Población Alfabeta en la región	1	5 1	5 1	4 1	4 1	4 1
4	Nivel de escolaridad en la región	2	3 1	3 1	3 1	3 1	3 1
5	Población económicamente activa	3	4 2	3 2	3 2	4 2	4 2
6	Disponibilidad de alumbrado eléctrico en la región	4	5 4	5 4	5 4	5 4	5 4
Total parcial indicadores de desarrollo social, 20%			15.6	16	12.8	15.4	14.4
TOTAL			182.8	133.6	87.2	137	127.2

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla anterior, los municipios con las mejores condiciones para construir el nuevo aeropuerto internacional, según la metodología, son Sanarate y Jalapa.

a. Indicadores según criterios de profesionales para evaluar ubicación de construcción de un nuevo aeropuerto desde el punto de vista turístico.

1) Atractivos del lugar. Este indicador se refiere que tan desarrollado turísticamente se encuentra un lugar, es decir que tantas facilidades, atracciones, centros recreacionales y destinos posee un lugar. Mientras más tipos de atractivos hayan en un lugar es más atractivo y factible para instalar un nuevo aeropuerto.

Tabla 167. Indicador de atractivos del lugar.

	1	2	3	4	5
Desarrollo turístico del lugar	Bajo. Ningún tipo de atractivo cercana.	Regular Un tipo de atractivo cercana.	Bueno Entre dos y tres tipos de atractivos cercanas	Muy bueno Entre 4 y 5 tipos de atractivos cercanas	Excelente Más de cinco tipos de atractivos cercanos.
La cuantificación del desarrollo turístico se realiza por medio de conteo de atractivos que posee el lugar que está siendo analizado. Este análisis se puede realizar por medio de mapas. Entre los tipos de atractivos están: las ferias, volcanes, cascadas, playas, turicentros, complejos recreacionales y todo aquel lugar donde un turista pueda entretenerse.					

Fuente: Elaboración propia.

2) Distancia a destinos turísticos principales. Este indicador pretende establecer las distancias que existen entre un lugar con los destinos turísticos principales. En Guatemala tendríamos a un destino principal la antigua Guatemala. Este es el destino turístico de preferencia del turista que visita Guatemala. Tikal también, aunque por si ubicación geográfica está descartado en este indicador. Entre más cerca esté el lugar de un destino turístico importante, más viable será la construcción de un nuevo aeropuerto en él. Este indicador se expresa en tiempo de llegada, no en kilómetros.

Tabla 168. Indicador de distancia a destinos turísticos principales.

	1	2	3	4	5
Distancia a destinos turísticos principales	Mala distancia hacia destinos turísticos principales 3-4horas	Distancia regulara hacia destinos turísticos principales Entre 2 horas	Buena distancia hacia destinos turísticos principales 1 hora a 1 hora y media	Muy buena distancia hacia destinos turísticos principales Alrededor de media hora	Excelente distancia hacia destinos turísticos principales 15 minutos
Para esto se sugiere medir físicamente el tiempo de llegada del lugar a la Antigua Guatemala. Tomar en cuenta que el tráfico en horas pico es determinante para calcular el tiempo de llegada.					

Fuente: Elaboración propia.

3) Distancia hacia la ciudad capital. Ya que la Ciudad de Guatemala es el área urbana más grande del país; es el centro de negocios mejor posicionado en Guatemala; donde se encuentra actualmente el aeropuerto; sede de centros empresariales más importantes y el departamento más poblado del país, se debe de considerar la distancia de la construcción de un nuevo aeropuerto hacia la capital.

Tabla 169. Indicador de distancia hacia la ciudad capital.

	1	2	3	4	5
Distancia hacia la ciudad capital	Mala distancia hacia la ciudad capital Más de 50 km	Regular distancia hacia la ciudad capital 40-50 km	Buena distancia hacia la ciudad capital 30-40 km	Muy buena distancia hacia la ciudad capital 20-30 km	Excelente distancia hacia la ciudad capital Menos de 20 km
Medir con mapas, físicamente o realizar búsqueda electrónica las distancias exactas del lugar hacia la Ciudad de Guatemala					

Fuente: Elaboración propia.

4) Cercanía con centros de distribución turística. Los centros de distribución turística son aquellos destinos que ya están posicionados y que tienen una alta visitación. Entre ellos están Antigua Guatemala, Ciudad de Guatemala y Ciudad de Flores. Mientras más de estos lugares se encuentren a distancias o tiempos cortos (una hora), mayor potencial turístico tiene el lugar para construir un nuevo aeropuerto internacional.

Tabla 170. Indicador para cercanía con centros de distribución turística.

	1	2	3	4	5
Cercanía con centros de distribución	Mala cercanía con centros de distribución Ningún centro de distribución cercano	Regular cercanía con centros de distribución 1 centro de distribución a más de una hora.	Buena cercanía con centros de distribución 1 centro de distribución a 1 hora o menos.	Muy buena cercanía con centros de distribución 2 centros de distribución cercanos	Excelente cercanía con centros de distribución 3 centros de distribución cercanos
Realizar la ponderación por medio de mapas que clarifiquen distancias entre el lugar y estos centros de distribución turística					

Fuente: Elaboración propia.

5) Planta turística existente. La planta turística está conformada por todos aquellos servicios básicos que un turista necesita para satisfacer sus necesidades. Entre estos están el alojamiento, transporte, alimentación, servicios de salud/apoyo y recreación. Si un lugar cuenta con todos estos servicios tiene una planta turística adecuada.

Tabla 171. Indicador de planta turística existente.

	1	2	3	4	5
Planta turística existente	Mala planta turística No cuenta con ningún servicio básico cercano	Regular planta turística Cuenta con 2 servicios básicos (Alimentación y alojamiento)	Buena planta turística Cuenta con 3 de los servicios básicos (alimentación y alojamiento)	Muy buena planta turística Cuenta con cuatro de los servicios necesarios (alojamiento, transporte, alimentación y servicios de salud)	Excelente planta turística Cuenta con todos los servicios que necesita el turista
<p>La ponderación de este indicador dependerá mucho de la calidad de los servicios que se encuentren en este lugar. Esto dependerá mucho del punto de vista usuario y sus criterios de ponderación. Para lograr recabar estos datos se sugiere realizar una visita al lugar para determinar específicamente la calidad de estas instalaciones. Así mismo, también se puede realizar a grandes rasgos por medios electrónicos.</p>					

Fuente: Elaboración propia.

6) Planta hotelera. Un aeropuerto internacional no puede funcionar adecuadamente sin una planta hotelera que esté en su cercanía. Este indicador mide la cantidad de establecimientos de hospedaje en el lugar que puedan ser usados en caso de la construcción de un nuevo aeropuerto.

Tabla 172. Indicador para planta hotelera.

	1	2	3	4	5
Planta Hotelera	Mala planta hotelera Menos de 10 establecimientos	Regular planta hotelera Entre 10 y 30 establecimientos	Buena planta hotelera Entre 30 y 60 establecimientos	Muy buena planta hotelera Entre 60 y 100 establecimientos	Excelente planta hotelera Más de 100 establecimientos
<p>Para lograr identificar la cantidad de establecimientos, habitaciones y plazas cama disponibles en el lugar es indispensable realizar una revisión de las estadísticas del INGUAT.</p>					

Fuente: Elaboración propia.

7) Cercanía con puertos marítimos. Los puertos marítimos son un medio de entrada para una cantidad considerable de turistas. Es por esto que entre más cerca esté un aeropuerto de un puerto, mayor su capacidad de conectividad y de captación de mercados. Así mismo, facilita la conectividad entre medios de transporte, en este caso el marítimo con el aéreo. Así mismo este indicador es de suma importancia, pues no sólo el tema de conectividad entre pasajeros se ve afectado, sino también el tema de carga, en donde las importaciones y exportaciones entran en juego.

Tabla 173. Indicador para cercanía con puertos marítimos.

	1	2	3	4	5
Distancia con puertos marítimos	Mala distancia con puerto marítimo Más de 100 km	Regular distancia con puerto marítimo Entre 100 y 80 km	Buena distancia con puerto marítimo Entre 80 y 50 km	Muy buena distancia con puerto marítimo Entre 50 y 30km	Excelente distancia con puerto marítimo 30km o menos
Realizar ponderación por medio de mapas que indiquen distancias.					

Fuente: Elaboración propia.

8) Cercanía con fronteras. La distancia con las fronteras es un indicador muy importante, pues usuarios de otros países pueden optar a realizar viajes desde Guatemala si el aeropuerto está cerca de su país. Esto aplicaría directamente a países centroamericanos o México. Así mismo la corta distancia de un aeropuerto a un país extranjero facilitaría el comercio regional.

Tabla 174. Indicador para cercanía con fronteras.

	1	2	3	4	5
Distancia con fronteras	Mala distancia con fronteras Más de 100 km	Regular distancia con fronteras Entre 100 y 80 km	Buena distancia con fronteras Entre 80 y 50 km	Muy buena distancia con fronteras Entre 50 y 30km	Excelente distancia con fronteras 30km o menos
Realizar ponderación por medio de mapas que indiquen distancias.					

Fuente: Elaboración propia

b. Determinación de indicadores en el sector económico y financiero

La evaluación de los diferentes sitios se realizó con información brindada por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala (MAGA) por medio de los diferentes mapas temáticos, visitas a los sitios y entrevistas a profesionales.

1) Valor de la tierra. El precio de la tierra varían entre las diferentes regiones y también pueden variar en la misma región dependiendo de diferentes factores como:

- Condiciones de acceso.
- Ubicación respecto de los principales mercados de productos agropecuarios.
- Disponibilidad de agua.
- Infraestructura productiva interna y externa.
- Cultivos existentes.
- Calidad de la tierra y topografía.
- Tamaño de la propiedad.
- Oferta y demanda. (Carrera, 2000)

Para poder obtener un valor más exacto del costo de la tierra en un sitio definido se debe realizar un estudio para conocer a los diferentes propietarios y poder establecer el costo promedio por metro cuadrado. Debido a que no se puede determinar el precio de la tierra, este indicador se basará en los la capacidad del suelo de cultivarse y tamaño de las propiedades. La ponderación de estos indicadores es de 2.5/10, es decir, un 5/10 es el indicador total del valor de la tierra debido a que el valor de la tierra puede ser desde un 1 hasta un 5% del valor total del proyecto y estos influyen en el precio de mercado de la misma.

a) Capacidad del uso de la tierra. Guatemala es un país que depende en gran medida de la producción agrícola, lo que ha aumentado la ocupación de tierras para este fin. Como se mencionó anteriormente, uno de los factores que influyen en el costo de la tierra son los cultivos existentes, calidad y topografía del terreno.

Este indicador se puede medir con el Mapa de Capacidad de uso de la Tierra de la República de Guatemala del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Tabla 175. Indicador de Capacidad de uso de la tierra

	1	2	3	4	5
Capacidad del uso de la tierra	Tierras Cultivables con poca o ninguna limitación	Tierras cultivables con medianas o severas limitaciones	Tierras preferentemen te no cultivables	Tierras no cultivables solo cultivos perennes o forestales	Tierras no aptas para el cultivo

Fuente: Elaboración propia

b) Distribución de las propiedades. Otro de los factores que afecta al costo de una propiedad es el tamaño de la misma ; las pequeñas propiedades generalmente se venden a un mayor precio por metro cuadrado que las grandes extensiones de terreno. Además de disminuir el índice de costo por metro cuadrado del terreno, el que las extensiones de terreno sean mayores disminuye los problemas con vecinos u otros pobladores al tener que negociar con varias personas para poder obtener un bien inmueble.

Tabla 176. Indicador de tamaño de las propiedades

	1	2	3	4	5
Distribución de las propiedades	Propiedades pequeñas	Propiedades medianas y pequeñas	Propiedades medianas	Propiedades medianas y grandes	Propiedades grandes

Fuente: Elaboración propia

2) Tipo de suelo y capacidad soporte del terreno. Para poder evaluar este indicador es necesario hacer una visita de campo, tomar fotografías y observar los diferentes tipos de terreno que hay en el lugar. El corte de un material como limo, arena o graba puede ser más económico que el corte en roca pero se definió que la roca es el material más indicado para la construcción de un aeropuerto debido a la capacidad soporte del material lo cual disminuye costos de tratamiento de subrasante y de estabilización de suelos. En el caso se cuente con un suelo muy malo, se debe ver la posibilidad de llevar otro material lo cual lo hará más costoso.

Este indicador se evaluó con una ponderación de 10/10 debido a las cargas que debe soportar la pista de aterrizaje y los costos de tratamiento del suelo o traslado de material son muy altos.

Tabla 177. Indicador de tipo de suelo

	1	2	3	4	5
Tipo de suelo	Arcillas con alto contenido de materia orgánica	Franco arcillosos con alto contenido de materia orgánica	Franco arenosos con alto contenido de materia orgánica	Carbonatos de calcio (caliza)	Suelos pedregosos con alto CBR de soporte

Fuente: Elaboración propia

Arcillas: Son suelos compuestos por partículas extremadamente finas con una gran capacidad de retener agua, una de sus principales desventajas. Los suelos francos tienen diferentes proporciones de limos, arcillas y arena. En este caso se están utilizando los siguientes:

- Suelos franco arcillosos: son predominantes las arcillas.
- Suelos franco arenosos: son predominantes las arenas.

El carbonato de calcio (caliza): Es una roca sedimentaria formada por un compuesto químico con su mismo nombre: carbonato de calcio. La dureza de la caliza viene determinada por su edad geológica y usualmente contiene otros materiales que influyen en su color. Por último, los suelos pedregosos están

formados por rocas de diferentes tamaños, tienen un buen drenaje y no son ideales para el cultivo debido a su carencia de minerales.

3) Distancia hacia la ciudad. En Guatemala existe una centralización en la Ciudad Capital; generalmente todos los materiales de construcción, suministros u otros elementos son traídos desde la misma independientemente de donde sea el destino. Este indicador se evaluó con una ponderación de 6/10 ya que los costos aumentan con la distancia a la capital debido la distancia a la cual se ubiquen y si esta distancia es muy grande, el contratista debe contemplar gasolina, viáticos y hospedaje para su mano de obra.

Tabla 178. Indicador de distancia hacia la Ciudad Capital

	1	2	3	4	5
Distancia hacia la Ciudad Capital	> 150 km	100 - 150 km	51 - 100 km	21 - 50 km	< 20 km

Fuente: Elaboración propia

4) Temperatura. La temperatura es uno de los factores que puede aumentar el tamaño de la pista, lo que aumenta el costo del proyecto ya que no únicamente aumenta la longitud de la pista activa sino también aumentan las pistas de taxeo. Para poder realizar la medición de este indicador se puede observar el Mapa de Temperatura Promedio Anual en la República de Guatemala del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Esta afecta un 1% por cada grado centígrado de la diferencia entre la temperatura del aeródromo y la temperatura según atmósfera. (OACI) Es importante comprender que la variación por temperatura no es tan significativa como la variación por altura.

Este indicador tiene una ponderación baja de 2/10 debido a que tiene influencia en el largo de la pista pero es menor que la atribución de la altura.

Tabla 179. Indicador de temperatura promedio anual

	1	2	3	4	5
Temperatura Promedio Anual	25.5 – 28 °C	23 – 25.5 °C	20.5 – 23 °C	15.5 – 20.5 °C	8 – 15.5 °C

Fuente: Elaboración propia

5) Altura sobre el nivel del mar. Otro de los factores que puede afectar la longitud de la pista es la altura sobre el nivel del mar del sitio en estudio. Al igual que la temperatura, esto puede significar un costo mayor para el aeropuerto debido a que la corrección de la longitud de la pista de despegue por elevación es de un 7% por cada 300 metros de altura sobre el nivel del mar. A este indicador se le otorgó una ponderación de 10/10 ya que influye completamente en el largo de la pista activa y al aumentar el tamaño de la misma, deben aumentar por consiguiente el área del terreno, la longitud de las pistas de taxeo y áreas de jardinería y otros servicios.

Tabla 180. Indicador de altura sobre el nivel del mar

	1	2	3	4	5
Altura sobre el nivel del mar	Más de 2000 msnm	1500 – 2000 msnm	1000 – 1500 msnm	500 – 1000 msnm	0 – 500 msnm

Fuente: Elaboración propia

6) Precipitación pluvial. La precipitación pluvial es otro factor que puede aumentar los costos de los complejos aeroportuarios, ya que la inversión en drenajes será diferente dependiendo de diversos factores, entre estos, la cantidad de lluvia anual que hay en el municipio. En el desglose de costos se puede observar que la inversión en drenajes en pistas es alta por lo que es un factor que tiene influencia en los costos. Este indicador puede evaluarse en el mapa de precipitación promedio anual de la República de Guatemala del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Se otorgó a este indicador una ponderación de 7/10 ya que estos pueden llegar a influir hasta en un 10% del valor total del proyecto.

Tabla 181. Indicador de rangos de precipitación promedio anual

	1	2	3	4	5
Rangos de precipitación promedio anual	5,000 - 5,600	3,500 – 4,999	1,500 – 3,499	800 – 1,499	500 - 799

Fuente: Elaboración propia

7) Topografía del terreno. En la integración de costos, se está asumiendo un terreno ideal, completamente plano por lo que la topografía del terreno incidirá en la inversión inicial del terreno, a mayores pendientes, mayor la inversión para nivelar el terreno. Para poder medir este indicador se puede observar en el mapa de pendientes agrupadas según metodología USDA de la República de Guatemala del Ministerio de Agricultura y Ganadería. En el presente trabajo se está contemplando una suma de Q1,000 millones para movimiento de tierras lo cual representa aproximadamente un 18% del valor total del proyecto.

Tabla 182. Indicador de pendientes del terreno

	1	2	3	4	5
Rangos de pendientes del terreno	> 32%	16 – 32%	8 – 16%	4 – 8%	0 – 4%

Fuente: Elaboración propia

8) Localización de bancos de materiales. La localización de los bancos de materiales cercanos tomando en cuenta los volúmenes que se manejarán debido al tamaño del proyecto es un factor que se debe tomar en cuenta al realizar el costeo. Como se muestra anteriormente, el acarreo cuesta en promedio Q5.60/m³-km, lo que aumentará el costo por cada kilómetro de distancia del banco de materiales hacia el proyecto.

Para poder detectar la existencia de bancos de materiales cercanos al proyecto se pueden utilizar diferentes técnicas desde la observación del terreno hasta el empleo de pozos a cielo abierto con perforadoras, barrenos u otra maquinaria. En este caso se realizarán entrevistas con expertos para conocer la situación del sitio. Su ponderación des de 8/10 debido a que el movimiento de tierras necesario en este proyecto es muy elevado.

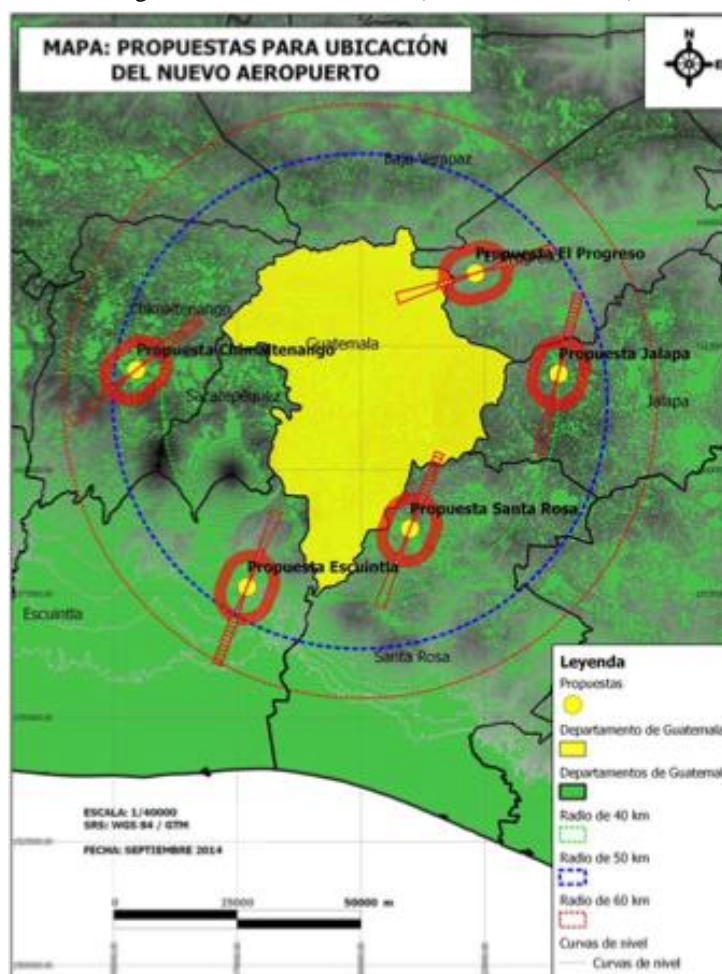
Tabla 183. Indicador de ubicación de bancos de materiales

	1	2	3	4	5
Ubicación de bancos de materiales	No hay	10 kilómetros	5 kilómetros	1 kilómetro	Hay material en el proyecto

Fuente: Elaboración propia

8. Análisis de indicadores del sector económico y financiero. La evaluación de los indicadores requiere de una investigación previa sobre los departamentos o municipios que se desean evaluar.

Figura 131. Área de estudio (50 km de la ciudad)



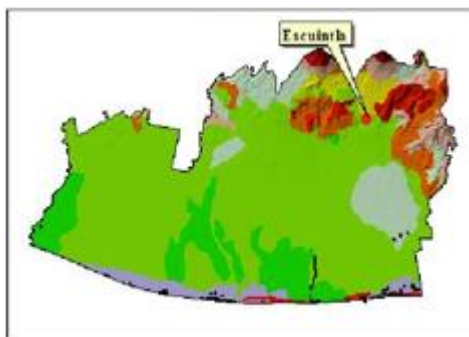
Fuente: Elaboración propia

En el caso de los indicadores en el área económica y financiera se ejecutó una visita al lugar para realizar observaciones que fueron utilizadas para el análisis posterior. En algunos indicadores se requiere evaluar el área de un departamento en mapas y se utilizará el área más cercana a la Ciudad Capital como se muestra el filtro en la imagen, la cual limita nuestra área de influencia a 50 kilómetros de la Ciudad de Guatemala.

a. Escuintla, Escuintla

1) Capacidad de uso de la tierra. Se puede observar que Escuintla en el área colindante con Guatemala tiene diversos tipos de suelo desde tierras cultivables con pocas limitaciones hasta tierras no aptas para el cultivo. En este caso la calificación otorgada fue 1/5 ya que el área en donde se propone situar el aeropuerto posee tierras cultivables con poca o ninguna limitación.

Figura 132. Capacidad del uso de la tierra en el departamento de Escuintla



Fuente: MAGA 2005

2) Distribución de las propiedades. En la visita realizada a Escuintla se pudo observar que se cuenta con propiedades de tamaño mediano, por lo que en este indicador se otorgó una calificación de 3/10.

Figura 133. Distribución de propiedades en Escuintla



Fuente: Google Earth

3) Tipo de suelo y capacidad soporte del terreno. Para evaluar este indicador, se utilizó una visita de campo que se hizo a Escuintla en donde, por medio de entrevistas y observaciones se determinó que el suelo que predomina en el sitio es Franco arenosos con alto contenido de materia orgánica.

Figura 134. Tipo de suelo en municipio de Escuintla

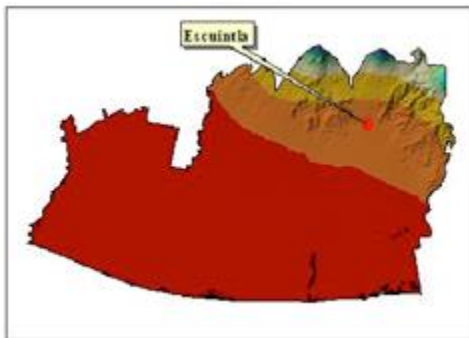


Fuente: Elaboración propia

4) Distancia hacia la ciudad. El sitio se encuentra a aproximadamente 50 kilómetros de la capital, debido a que este fue el radio utilizado como primer filtro para determinar los posibles sitios para la construcción del aeropuerto.

5) Temperatura. En la siguiente figura se puede observar que los rangos de temperatura en el departamento de Escuintla varían. El sitio propuesto se encuentra en el rango de 23 – 25.5 °C.

Figura 135. Rangos de temperatura del departamento de Escuintla

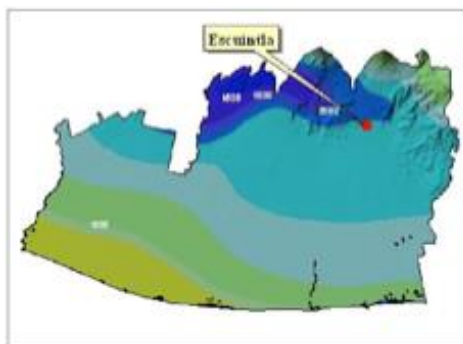


Fuente: MAGA 2005

6) Altura sobre el nivel del mar. El punto ubicado en Escuintla para la localización de la pista se encuentra a una altura de 200 msnm, por lo que se califica como óptima para la localización de la misma.

7) Precipitación pluvial. La precipitación promedio anual en el departamento de Escuintla está entre 2,000 – 2,499 mm anuales, lo que le da una calificación de 3/5 puntos.

Figura 136. Rangos de precipitación promedio anual en el departamento de Escuintla



Fuente: MAGA 2005

8) Topografía del terreno. Escuintla tiene rangos desde 0 – 4% hasta de 8 – 16% de pendientes en el área donde se propone el aeropuerto por lo que tiene una calificación de 3/5.

Figura 137. Rangos de pendientes en el departamento de Escuintla



Fuente: MAGA 2005

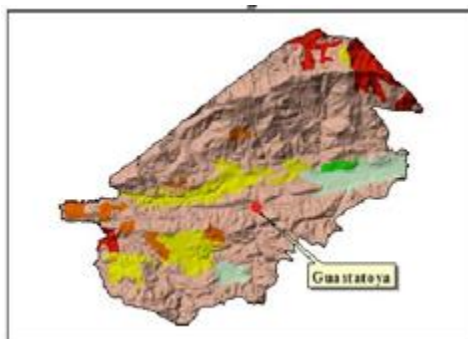
9) Localización de bancos de materiales. Según lo que se puede observar en la visita y consultas que se hicieron en Escuintla es difícil encontrar bancos de materiales en el mismo municipio debido al tipo de suelo por lo que su calificación es de 1/5 en este aspecto.

c. Sanarate, El Progreso

1) Capacidad de uso de la tierra. Se puede observar que en El Progreso predominan las tierras no cultivables, aptas para cultivos perennes o forestales.

2) Distribución de las propiedades. En la visita realizada a El Progreso se pudo observar que se cuenta con propiedades de gran tamaño, por lo que se le otorgó una calificación de 5/5.

Figura 138. Capacidad del uso de la tierra en el departamento de El Progreso



Fuente: MAGA 2005

Figura 139. Distribución de propiedades en El Progreso



Fuente: Google Earth

3) Tipo de suelo y capacidad soporte del terreno. Para evaluar este indicador, se utilizó una visita de campo que se hizo a El Progreso en donde, por medio de entrevistas y observaciones se determinó que el suelo que predomina en el sitio es Carbonato de Calcio o caliza.

Figura 140. Tipo de suelo en municipio de Sanarate, El Progreso

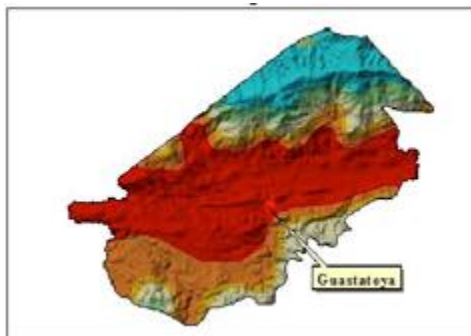


Fuente: Elaboración propia

4) Distancia hacia la ciudad. El sitio se encuentra a aproximadamente 50 kilómetros de la capital, debido a que este fue el radio utilizado como primer filtro para determinar los posibles sitios para la construcción del aeropuerto.

5) Temperatura. En la siguiente figura se puede observar que los rangos de temperatura en el departamento de El Progreso varían. El sitio propuesto se encuentra en el rango de 25.5 – 28 °C.

Figura 141. Rangos de temperatura del departamento de El Progreso

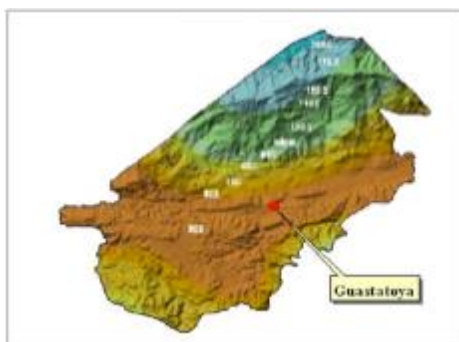


Fuente: MAGA 2005

6) Altura sobre el nivel del mar. El punto ubicado en El Progreso para la localización de la pista se encuentra a una altura de 900 msnm, por lo que se califica con una ponderación de 4/5 puntos.

7) Precipitación pluvial. El Progreso se caracteriza por ser un departamento con poca precipitación pluvial debido a que se encuentra en el corredor seco del país. Tiene rangos de precipitación promedio anual de entre 500 – 700 mm.

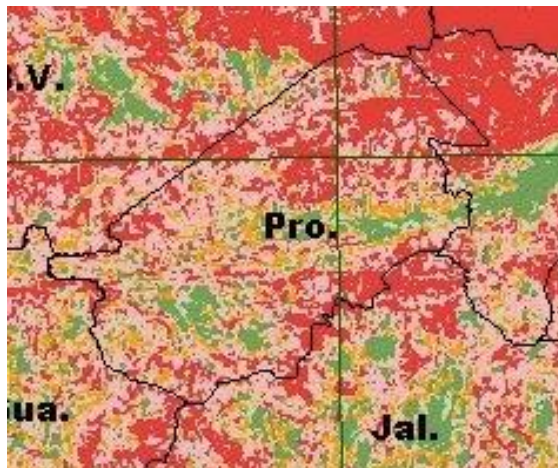
Figura 142. Rangos de precipitación promedio anual en el departamento de El Progreso



Fuente: MAGA 2005

8) Topografía del terreno. El Progreso tiene rangos desde 0 – 4% hasta de 8 – 16% de pendientes, siendo las predominantes las pendientes de 8 – 16% en el área propuesta para la localización del aeropuerto.

Figura 143. Rangos de pendientes en el departamento de El Progreso



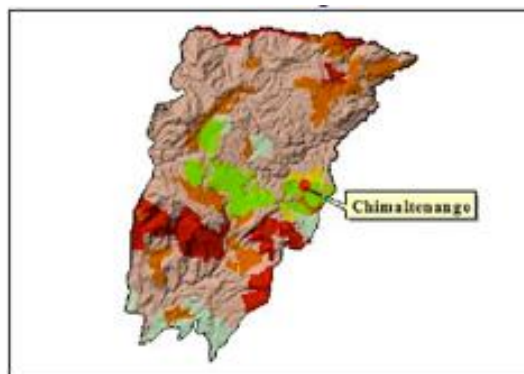
Fuente: MAGA 2005

9) Localización de bancos de materiales. Según lo que se puede observar en la visita y consultas que se hicieron, debido al tipo de material más abundante en el área este mismo puede utilizarse como material de construcción. Es por esto que se considera que los bancos de materiales pueden encontrarse en el mismo proyecto.

d. Patzcía, Chimaltenango

1) Capacidad de uso de la tierra. Se puede observar que en el sitio donde se propuso el aeropuerto para el Departamento de Chimaltenango predominan las tierras cultivables con pocas limitaciones.

Figura 144. Capacidad del uso de la tierra en el departamento de Chimaltenango



Fuente: MAGA 2005

2) Distribución de las propiedades. En la visita realizada a Chimaltenango se pudo observar que se cuenta con propiedades pequeñas, por lo que se le otorgó una calificación de 1/5.

Figura 145. Distribución de propiedades en Chimaltenango



Fuente: Google Earth

3) Tipo de suelo y capacidad soporte del terreno. Para evaluar este indicador, se utilizó una visita de campo que se hizo a Chimaltenango en donde, por medio de entrevistas y observaciones se determinó que el suelo que predomina en el sitio es un material selecto, un suelo franco arenoso con alto contenido de materia orgánica.

Figura 146. Tipo de suelo en municipio de Patzicía, Chimaltenango



Fuente: Elaboración propia

4) Distancia hacia la ciudad. El sitio se encuentra a aproximadamente 50 kilómetros de la capital, debido a que este fue el radio utilizado como primer filtro para determinar los posibles sitios para la construcción del aeropuerto.

5) Temperatura. En la siguiente figura se puede observar que los rangos de temperatura en el departamento de Chimaltenango. El sitio propuesto se encuentra en el rango de 10.5 – 15.5 °C.

Figura 147. Rangos de temperatura del departamento de Chimaltenango



Fuente: MAGA 2005

6) Altura sobre el nivel del mar. El punto ubicado en Chimaltenango para la localización de la pista se encuentra a una altura de 2,130 msnm, por lo que se califica con una ponderación de 1/5 puntos. Este es un punto muy elevado por lo que la pista para que pueda aterrizar un Boeing 747 debería tener una longitud mínima de 4,772 metros, lo cual aumentaría de manera drástica los costos.

7) Precipitación pluvial. Los rangos de precipitación promedio anual que se pueden observar en el departamento de Chimaltenango, en el municipio de Patzicía se encuentran entre 1,500 – 2,500 mm anuales.

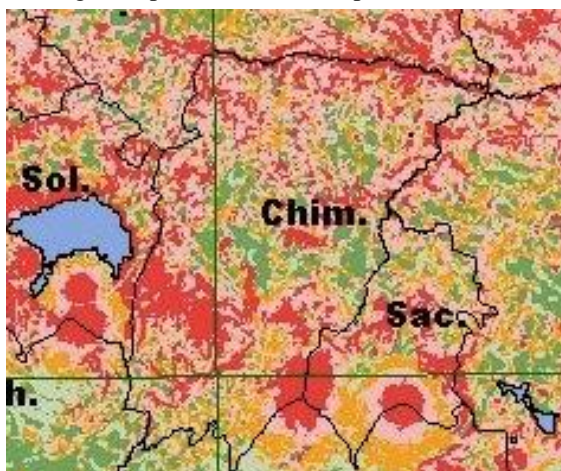
Figura 148. Rangos de precipitación promedio anual en el departamento de Chimaltenango



Fuente: MAGA 2005

8) Topografía del terreno. Chimaltenango tiene rangos desde 0 – 4% hasta mayores de 32% de pendientes, siendo las predominantes las pendientes de 0 – 4% en el área propuesta para la localización del aeropuerto, en la recta de Patzicía.

Figura 149. Rangos de pendientes en el departamento de Chimaltenango



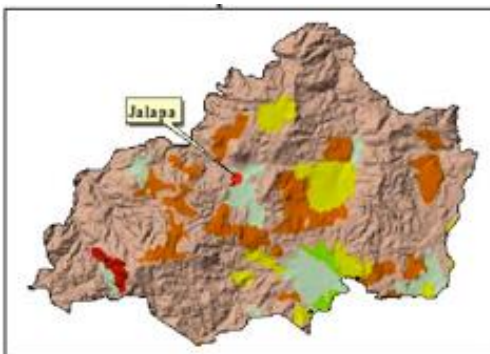
Fuente: MAGA 2005

9) Localización de bancos de materiales. Según lo que se puede observar en la visita y consultas que se realizaron, es factible encontrar bancos de materiales cercanos en el proyecto.

e. Jalapa, Jalapa

1) Capacidad de uso de la tierra. Se puede observar que en el sitio donde se propuso el aeropuerto para el Departamento de Jalapa predominan las tierras no cultivables.

Figura 150. Capacidad del uso de la tierra en el departamento de Jalapa



Fuente: MAGA 2005

2) Distribución de las propiedades. En la visita realizada a Chimaltenango se pudo observar que se cuenta con propiedades pequeñas, por lo que se le otorgó una calificación de 1/5.

3) Tipo de suelo y capacidad soporte del terreno. Para evaluar este indicador, se realizó una entrevista al Ingeniero Manuel Hernández el cual compartió que el suelo predominante en el sitio es un franco arcilloso con alto contenido de materia orgánica.

Figura 151. Distribución de propiedades en Jalapa

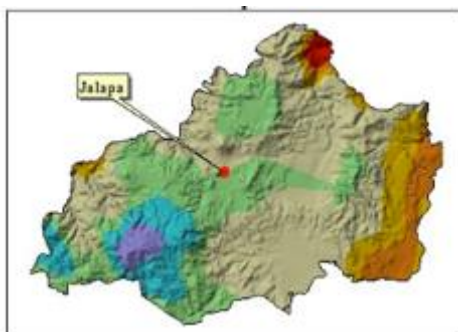


Fuente: Google Earth

4) Distancia hacia la ciudad. El sitio se encuentra a aproximadamente 50 kilómetros de la capital, debido a que este fue el radio utilizado como primer filtro para determinar los posibles sitios para la construcción del aeropuerto.

5) Temperatura. En la siguiente figura se puede observar que los rangos de temperatura en el departamento de Jalapa. El sitio propuesto se encuentra en el rango de 20 – 25 °C.

Figura 152. Rangos de temperatura del departamento de Jalapa

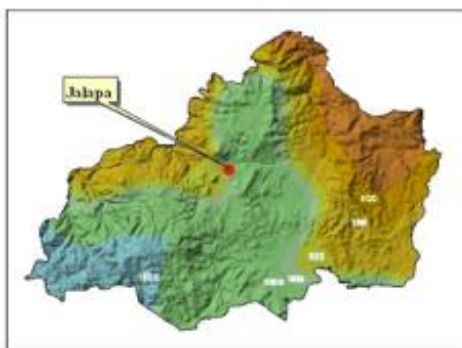


Fuente: MAGA 2005

6) Altura sobre el nivel del mar. El punto ubicado en Jalapa para la localización de la pista se encuentra a una altura de 1,362 msnm, por lo que se califica con una ponderación de 3/5 puntos.

7) Precipitación pluvial. Jalapa se caracteriza por ser un departamento con poca precipitación pluvial debido a que, al igual que El Progreso, se encuentra en el corredor seco del país. Tiene rangos de precipitación promedio anual de entre 600– 700 mm.

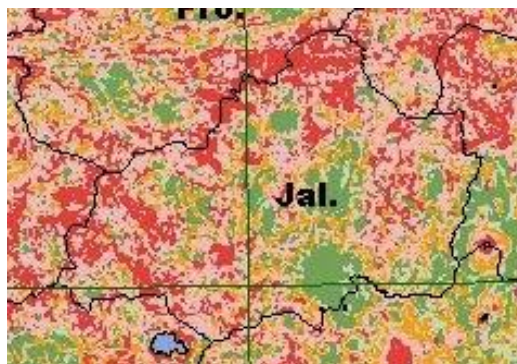
Figura 153. Rangos de precipitación promedio anual en el departamento de Jalapa



Fuente: MAGA 2005

8) Topografía del terreno. Jalapa tiene rangos desde 0 – 4% hasta mayores de 32% de pendientes, siendo las predominantes las pendientes de mayores a 32% en el área propuesta para la localización del aeropuerto.

Figura 154. Rangos de pendientes en el departamento de Jalapa



Fuente: MAGA 2005

9) Localización de bancos de materiales. Según consultas realizadas, es factible encontrar bancos de materiales cercanos al proyecto.

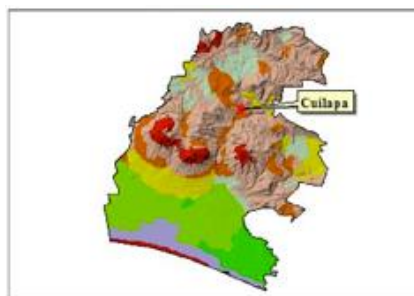
f. Barberena, Santa Rosa

1) Capacidad de uso de la tierra. Se puede observar que en el sitio donde se propuso el aeropuerto para el Departamento de Santa Rosa predominan las tierras cultivables con medianas o severas limitaciones.

2) Distribución de las propiedades. En la visita realizada a Santa Rosa se pudo observar que se cuenta con propiedades medianas y grandes, por lo que se le otorgó una calificación de 4/5.

3) Tipo de suelo y capacidad soporte del terreno. Para evaluar este indicador, se realizó una visita de Campo a Santa Rosa en donde, por medio de entrevistas y observaciones se determinó que el suelo que predomina en el sitio son suelos franco arcillosos con alto contenido de materia orgánica.

Figura 155. Capacidad del uso de la tierra en el departamento de Santa Rosa



Fuente: MAGA 2005

Figura 156. Distribución de propiedades en Santa Rosa



Fuente: Google Earth

Figura 157. Tipo de suelo en municipio de Barberena, Santa Rosa

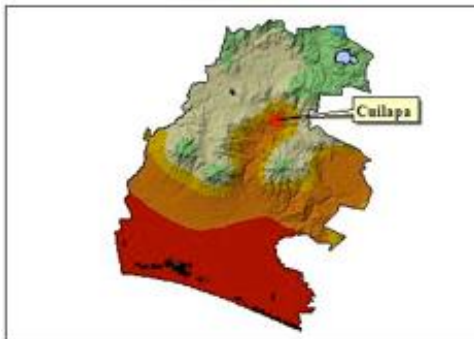


Fuente: Elaboración propia

4) Distancia hacia la ciudad. El sitio se encuentra a aproximadamente 50 kilómetros de la capital, debido a que este fue el radio utilizado como primer filtro para determinar los posibles sitios para la construcción del aeropuerto.

5) Temperatura. En la Figura 158 se puede observar que los rangos de temperatura en el departamento de Chimaltenango. El sitio propuesto se encuentra en el rango de 18 – 20.5 °C.

Figura 158. Rangos de temperatura del departamento de Santa Rosa



Fuente: MAGA 2005

6) Altura sobre el nivel del mar. El punto ubicado en Santa Rosa para la localización de la pista se encuentra a una altura de 1,069 msnm, por lo que se califica con una ponderación de 3/5 puntos. La pista para que pueda aterrizar un Boeing 747 debería tener una longitud mínima de 3,890 metros.

7) Precipitación pluvial. Los rangos de precipitación promedio anual que se pueden observar en el departamento de Santa Rosa, en el municipio de Barberena se encuentran entre 1,000 – 1,500 mm anuales.

8) Topografía del terreno. Chimaltenango tiene rangos desde 0 – 4% hasta mayores de 32% de pendientes, siendo las predominantes las pendientes de 0 – 4% en el área propuesta para la localización del aeropuerto.

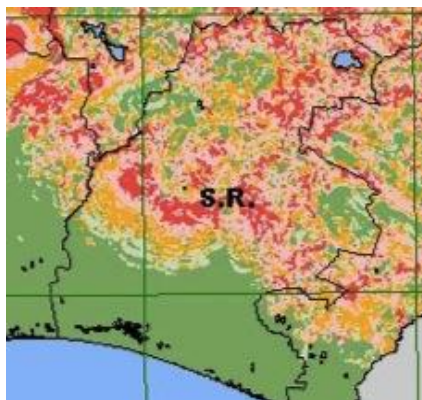
9) Localización de bancos de materiales. Según lo que se puede observar en la visita y consultas que se realizaron, es factible encontrar bancos de materiales cercanos en el proyecto.

Figura 159. Rangos de precipitación promedio anual en el departamento de Santa Rosa



Fuente: MAGA 2005

Figura 160. Rangos de pendientes en el departamento de Chimaltenango



Fuente: MAGA 2005

Tabla 184. Evaluación de indicadores en base a análisis económico y financiero por departamento

No.	Descripción	Factor de Importancia (1-10)	El Progreso	Escuintla	Chimaltenango	Santa Rosa	Jalapa
1.01	Capacidad de uso de la tierra	2.5	4 10	1 3	1 3	2 5	4 10
1.02	Distribución de propiedades	2.5	5 13	3 8	1 3	4 10	4 10
2	Tipo de suelo y capacidad soporte del terreno	10	5 50	3 30	3 30	2 20	2 20
3	Distancia hacia la ciudad	6	4 24	4 24	4 24	4 24	3 18
4	Temperatura	2	1 2	2 4	5 10	4 8	4 8
5	Altura sobre el nivel del mar	10	4 40	5 50	1 10	3 30	3 30
6	Precipitación pluvial	7	5 35	3 21	3 21	4 28	5 35
7	Topografía del terreno	8	2 16	3 24	5 40	3 24	1 8
8	Localización de bancos de materiales	8	5 40	2 16	3 24	5 40	3 24
TOTAL			229.5	179	164	189	163

Fuente: Elaboración propia

9. Indicadores ponderados por sector de estudio. El siguiente cuadro comparativo presenta la evaluación de las cinco ubicaciones propuestas. Este cuadro está formado por una serie de columnas para facilitar la comprensión de la metodología. La primera columna es para indicar el número de indicador que está siendo evaluado. En la segunda columna se encuentra la palabra descripción, en donde se encuentra la información que en pocas palabras identifica lo que mide el indicador. En la columna de ponderación es donde se le da una calificación de uno a diez al indicador dependiendo su importancia, siendo uno lo menos importante y diez lo más importante. El resto de columnas ya están directamente relacionadas a la ubicación que está siendo evaluada. En esta se observan que hay dos casillas, una en la esquina superior izquierda y la otra en la esquina inferior derecha. La primera es la calificación que la ubicación obtiene de uno a cinco; mientras que la segunda es la multiplicación de la misma por el de la columna de ponderación (1-10). Finalmente, el producto entre el factor de importancia de cada indicador y la ponderación que se le dio a cada opción evaluada será el resultado que se debe comparar entre opciones para tomar una decisión de donde ubicar el futuro aeropuerto.

Tabla 185. Indicadores consolidados.

No.	Descripción	Factor de Importancia (1-10)	El Progreso	Escuintla	Chimaltenango	Santa Rosa	Jalapa
Análisis de indicadores del espacio aéreo							
1	Superficie de aproximación	8	5 40	1 8	1 8	4 32	1 8
2	Superficie de ascenso en el despegue	8	5 40	5 40	5 40	1 8	5 40
3	Superficie horizontal interna	6	5 30	1 6	1 6	1 6	1 6
4	Superficie cónica	5	1 5	1 5	1 5	1 5	1 5
5	Importancia de su ubicación en relación a las exportaciones por vía aérea	5	1 5	3 15	5 25	1 5	3 15
6	Funcionalidad de la carretera primaria de acceso	7	4 28	4 28	4 28	4 28	4 28
7	Nivel de servicio de la carretera primaria de acceso	7	4 28	4 28	3 21	4 28	2 14
8	Carretera de acceso al área terminal	8	5 40	5 40	5 40	5 40	3 24

Continuación tabla 185.

No.	Descripción	Factor de Importancia (1-10)	El Progreso	Escuintla	Chimaltenango	Santa Rosa	Jalapa
Análisis de indicadores ambientales							
<i>Análisis de indicadores ambientales directos (80% de valoración sobre la ponderación a cada criterio)</i>							
1	Topografía del terreno donde se ubique el aeropuerto	7	4 22	5 28	2 11	3 17	4 22
2	Accidentes geográficos que pueden ser obstáculo para el aterrizaje y despegue de aeronaves	8	4 26	2 13	3 19	3 19	3 19
3	Calidad de agua disponible en el municipio	6	4 19	3 14	1 5	2 10	4 19
4	Calidad de suelo disponible para la agricultura	10	3 24	1 8	2 16	1 8	1 8
5	Porcentaje de áreas deforestadas en relación al total del área a utilizar para la construcción del aeropuerto	10	5 40	5 40	2 16	4 32	1 8
6	Distancia de patrimonio cultural o áreas protegidas a ubicación de aeropuerto	9	5 36	2 14	1 7	5 36	5 36
<i>Análisis de indicadores de desarrollo social (20% de valoración sobre la ponderación a cada criterio)</i>							
1	Disponibilidad de servicios de agua potable	5	4 4	4 4	2 2	5 5	4 4
2	Disponibilidad de servicios sanitarios	5	3 3	4 4	3 3	2 2	2 2
3	Población Alfabeta en la región	1	5 1	5 1	4 1	4 1	4 1
4	Nivel de escolaridad en la región	2	3 1	3 1	3 1	3 1	3 1
5	Población económicamente activa	3	4 2	3 2	3 2	4 2	4 2
6	Disponibilidad de alumbrado eléctrico en la región	4	5 4	5 4	5 4	5 4	5 4

Continuación tabla 185.

No.	Descripción	Factor de Importancia (1-10)	El Progreso	Escuintla	Chimaltenango	Santa Rosa	Jalapa
1.01	Capacidad de uso de la tierra	2.5	4 10	1 3	1 3	2 5	4 10
1.02	Distribución de propiedades	2.5	5 13	3 8	1 3	4 10	4 10
2	Tipo de suelo y capacidad soporte del terreno	10	5 50	3 30	3 30	2 20	2 20
3	Distancia hacia la ciudad	6	4 24	4 24	4 24	4 24	3 18
4	Temperatura	2	1 2	2 4	5 10	4 8	4 8
5	Altura sobre el nivel del mar	10	4 40	5 50	1 10	3 30	3 30
6	Precipitación pluvial	7	5 35	3 21	3 21	4 28	5 35
7	Topografía del terreno	8	2 16	3 24	5 40	3 24	1 8
8	Localización de bancos de materiales	8	5 40	2 16	3 24	5 40	3 24
TOTAL			628.3	482.6	424.2	478	430.2

Fuente: Elaboración propia.

VII. DISCUSIÓN

Luego de hacer la revisión bibliográfica correspondiente se pudo analizar el estado actual del Aeropuerto Internacional La Aurora y definir las deficiencias más importantes que afectan a dicho aeropuerto y lo alejan de ser un aeropuerto de calidad internacional y una atracción para aerolíneas grandes que puedan darle a Guatemala el valor que se merece. Al haber analizado las deficiencias del Aeropuerto Internacional La Aurora se puede exponer la necesidad de que la República de Guatemala construya un nuevo aeropuerto internacional para incrementar la demanda en tráfico aéreo en el país y así poder aumentar el turismo.

Los indicadores básicos que se deben tomar en cuenta al momento de predimensionar un aeródromo, se tomaron en base a regulaciones internacionales establecidas por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y otras instituciones que rigen la construcción de aeródromos como la Administración Federal de Aviación (FAA, por sus siglas en inglés). La FAA es una entidad gubernamental de Estados Unidos, responsable de la regulación de todos los aspectos de la aviación civil en dicho país y forma parte del Departamento de Transporte de Estados Unidos. En este estudio, solamente se tomaron conceptos básicos de aviación y algunos parámetros de la FAA que sirvieron como complemento a los parámetros de la OACI, la cual rige la construcción de aeródromos en Guatemala junto con la Dirección General de Aeronáutica Civil.

Todos los indicadores para el diseño de aeródromos dependen básicamente de una única variable que es la aeronave crítica de diseño, la cual a su vez depende de la demanda y competitividad que se proyecta para el futuro funcionamiento del aeródromo. Los indicadores son parámetros que permiten tener una primera aproximación a lo que realmente será el aeródromo cuando se analicen todos los factores económicos, ambientales, sociales y tecnológicos del proyecto.

Para evaluar propuestas de ubicación del nuevo aeropuerto en la República de Guatemala, se eligieron cinco sitios a una distancia aproximada de 50 km de la capital. Esta distancia se eligió pensando en que el nuevo aeropuerto debe ser accesible desde la capital para la comodidad de los pasajeros que lo utilizarán. Los cinco sitios a evaluar son, Escuintla, Escuintla; Sanarate, El Progreso; Barberena, Santa Rosa; Jalapa, Jalapa y Patzicía, Chimaltenango. Además de eso, se hizo un análisis general para ubicar los sitios propuestos para que estos fueran en terrenos relativamente planos y así reducir los costos de movimiento de tierras, haciendo más rentable el proyecto. Al momento de hacer un análisis más detallado acerca del lugar ideal para construir un aeropuerto se deben tomar en cuenta otras características más específicas como las poblaciones que estarán cerca del proyecto, el clima del lugar, fallas geográficas, turismo, factores económicos, financieros o ambientales; que pudieran obstaculizar el despegue y aterrizaje en el aeropuerto o generar alguna complicación para el desarrollo del proyecto durante la fase de construcción u operación del aeropuerto, estos diversos factores que se discutirán más adelante. También se debe analizar la

capacidad de soporte del suelo para que la cimentación del proyecto no tenga que ser muy grande e incrementa el costo total del mismo.

En cuanto a la longitud de la pista, vale la pena aclarar que en un aeródromo donde la temperatura y la humedad son elevadas, la longitud de pista deberá ser mayor debido a que dichas condiciones crean un aire menos denso, que produce una baja capacidad de empuje y una reducida capacidad de ascenso. Por otro lado, una aeronave que despegue contra pendiente, requiere mayor longitud de pista que si lo hiciera en una pista a nivel o a favor de la pendiente. Además, entre más alta es la elevación de un aeródromo, menor será la presión barométrica, lo que resulta en una demanda mayor de longitud de pista. Es por esto que se da una variación tan grande al momento en cada uno de los sitios analizados en este estudio. Es decir, los sitios tienen características muy diferentes entre ellos por lo que las longitudes de pista varían.

También es importante mencionar que las longitudes de pista que resultan en este estudio son longitudes de pista óptimas para cada sitio. Sin embargo, algunas longitudes son demasiado grandes, lo que hacen que el proyecto sea muy costoso. En esos casos, se debe evaluar una longitud de pista razonable que se pueda construir y disminuir el peso de despegue para que la aeronave crítica de diseño pueda despegar sin complicaciones. Al momento de realizar un estudio más detallado, se debe hacer un balance entre el costo de construcción de la pista y la reducción de peso de despegue que implica menor cantidad de combustible y peso de carga, lo que reduce la utilidad del aeropuerto.

La privatización de aeropuertos en el mundo ha aumentado durante los últimos años y se han ido creando diversas formas de administración de los mismos. Varios países de Latinoamérica como Costa Rica, Argentina, México, Honduras, Colombia y otros se han ido adaptando a diversas formas de concesiones aeroportuarias y han tenido éxito. Guatemala puede tomar diferentes ejemplos de estos países para poder explotar al 100% su potencial turístico y la privilegiada posición geográfica. Una de las razones de utilizar este tipo de concesiones es debido a que la inversión para la construcción de un aeropuerto es millonaria.

La construcción de un complejo aeroportuario implica una gran inversión de dinero y tiempo. La planificación de aeródromos debe definir las metas y objetivos para poder realizar un diseño conceptual y llevarlo a un proceso de diseño para su futura construcción, certificaciones y finalmente la operación del mismo. El éxito del proyecto radicará en que pueda ser ejecutado en tiempo y costo para lo cual existen diferentes tipos de gestión y se debe evaluar la que se utilizará.

Se realizó el costeo de un complejo aeroportuario que contiene una pista de aterrizaje y dos pistas de taxi. También está contemplada una terminal aérea con 16 puertas de embarque y un edificio para 1,200 estacionamientos de vehículos. Se contempla que el servicio de carga aérea se dará en concesión a una empresa como sucede en el Aeropuerto La Aurora y Combex-im, el cual deberá construir su propio complejo (únicamente se plantea la construcción de la plataforma para carga). Con el área de combustibles se plantea el mismo tipo de concesión en donde la empresa deberá colocar sus tanques para abastecer a todas las aeronaves.

Se contempla además un área para hangares de 20 x 25 metros en donde cada arrendatario será el encargado de la construcción de su hangar. También se toma en cuenta un área para posible crecimiento de

la terminal aeroportuaria y finalmente un 10% de imprevistos, los cuales irán disminuyendo conforme se tenga un esquema más completo del aeropuerto. Al integrar todos los costos, se está dando un precio aproximado de la construcción de un complejo aeroportuario en Guatemala con precios de mercado actuales los cuales no contemplan la inflación.

Seguido de esto se realizó un análisis financiero para verificar que la inversión en la construcción de un aeropuerto sea rentable. Uno de los problemas que se pueden observar en la administración del actual aeropuerto es que las tasas de las tarifas aeroportuarias fueron fijadas en el año 2002 y esto no contempla ningún aumento anual, por lo que para realizar este análisis financiero se tomaron de base estas tarifas y se planteó un aumento anual del 4% hasta el año en que inicie operaciones. Este aumento se da debido a la inflación, que es un aumento sostenido de precios, bienes y servicios en un mercado y este no es la excepción.

Para que el proyecto de la construcción de un nuevo aeropuerto sea rentable se tomó un estilo de negocio en donde se considera un aumento anual del 4% para los precios de renta de locales, para lo cual se consideró un 20% de la terminal como área rentable distribuida en restaurantes, tiendas comerciales, puertos libres, bancos, counters y otros. Se plantea mantener la tasa del 5% del arrendamiento para el mantenimiento de locales y terminal de pasajeros.

El estudio financiero se realizó con la previsión de un 70% deuda y un 30% de capital propio el cual puede ser de un accionista o de varios. Además se consideró un 6.5% de intereses de la deuda y una TMAR (Tasa Mínima Atractiva de Rendimiento) del 12% con lo cual se puede observar que al modificar los ingresos del aeropuerto este puede convertirse en un proyecto rentable para cualquier inversionista. Cabe mencionar que la rentabilidad de un aeropuerto dependerá de la administración del mismo, por lo que debe ser dirigida de una manera eficaz y es recomendable crear un organismo regulador de dichas tarifas para que las mismas excedan el valor que el mercado puede pagar.

Se identificaron los posibles lugares donde pueda ubicarse un nuevo aeropuerto internacional. Se propusieron cinco diferentes sitios para la construcción de la nueva terminal, de los cuales los más sobresalientes en el aspecto económico y financiero fueron los municipios de Sanarate, El Progreso y Barberena, Santa Rosa. Estos sitios fueron delimitados con un radio de 50 kilómetros de la Ciudad Capital para no sobrepasar un máximo de una hora de distancia desde las afueras de la ciudad hasta el sitio propuesto en vehículo.

Para el análisis de la topografía según las restricciones que establecen las superficies limitadoras de obstáculos establecidas por la OACI, se inició con la selección de sitios dentro de un radio de 50 km debido a que en la ciudad capital se centraliza la mayor actividad económica y social del país. Con el criterio del radio de 50 km también se busca reducir el impacto energético que podría demandar el traslado con vehículos por vía terrestre, siendo el consumo de combustible el que está directamente relacionado con la distancia de la ciudad capital a la ubicación del nuevo aeropuerto. La limitación de este trabajo con respecto al criterio de dicho radio, es la falta de un estudio cuantitativo en el que se muestren las cifras representativas del impacto que puede generar el consumo de combustible por parte de los vehículos para el acceso terrestre. Para la selección de sitios también se buscaron áreas con planicies extensas en las que

fuera posible el emplazamiento de la pista y a la vez estuviera despejada de poblaciones. El análisis de áreas despejadas de poblaciones representa otra de las limitaciones de este trabajo, debido a que la información disponible se basa en el censo realizado en el año 2,002 y posiblemente existan modificaciones a la fecha; otra de las limitaciones es la falta del área que ocupan las poblaciones, ya que solamente se cuentan con puntos que indican el centro de cada población.

En la metodología para el análisis de la topografía de la región se plantea la indicación de las alturas correspondientes a las superficies horizontales según la clasificación de la pista y sectorizar las superficies con pendientes, como lo es la superficie cónica, de aproximación y de ascenso en el despegue. Es importante mencionar que debido a que se trata de un estudio general, no se tomaron en cuenta las superficies próximas a la pista, tal como lo es la superficie de aproximación interna, de transición, entre otras. Este método tiene la ventaja de ser práctica y fácil de visualizar al momento proyectar en planta las superficies a evaluar sobre el terreno con sus curvas de nivel respectivas. El método planteado es de carácter conservador ya que restringe aún más el espacio aéreo debido a que son sectores horizontales que forman un tipo de graderío con cada vértice justo donde limita la superficie en cuestión. Para su dimensionamiento de las superficies, la longitud neta de la pista se determinó con la longitud de campo de referencia del avión, siendo esta la longitud mínima necesaria para el despegue con la masa máxima certificada. Para determinar la longitud neta de la pista hace falta realizar algunas correcciones dependiendo de la altura sobre el nivel del mar, temperatura promedio, pendiente de la pista y longitud definida para cada tipo de aeronave según sus características técnicas y aerodinámicas; siendo estos aspectos los que forman parte de un estudio específico para cada aeródromo. La aeronave de diseño es otro de los factores que se determinan con estudios específicos, ya que es necesario realizar una proyección de la demanda, tanto de pasajeros como de aeronaves con probabilidad de que hagan uso del aeropuerto.

La orientación de las superficies limitadoras de obstáculos está determinada por la orientación del eje principal de la pista, esta dirección se adopta según la dirección de los vientos predominantes de la región. La orientación del eje de la pista se elige con el objetivo de que el coeficiente de utilización no sea menor al 95%, para lograr este porcentaje la componente transversal del viento no debe exceder 37 km/h para aviones con longitud de campo de referencia mayores 1500m y 19 km/h para aviones con longitud de campo de referencia inferior a 1200m. La dirección del eje de la pista debe quedar orientada de tal manera que los vientos estén en contra de la dirección del despegue y aterrizaje de las aeronaves, esto permite una mayor resultante de la velocidad que recorre las alas y genera un mayor empuje al momento del despegue de la aeronave, y para el aterrizaje permite mantener cierta velocidad del viento necesaria para que la aeronave no pierda altura de forma precipitada mientras disminuye su velocidad relativa a la pista. De lo contrario se necesitaría de una pista con mayor longitud para poder elevar y aterrizar una aeronave. Por lo tanto, para lograr tener una pista con óptimas condiciones tanto para el despegue como para el aterrizaje, es indispensable que la pista esté orientada en paralelo y contraria a la dirección predominante de los vientos.

Para el análisis de la geografía productiva de Guatemala, que genera carga aérea, debido a la falta de información con respecto al tema, fue necesario avocarse a las estadísticas que brinda COMBEX-IM. Esta es la entidad autorizada para registrar todo producto que se transporta por vía aérea y a partir de esta

información, se procesaron los datos para delimitar a los siete principales productos de exportación. Esta delimitación crea cierto margen de error, debido a que los productos que no se tomaron en cuenta representan aproximadamente el 25% de la carga aérea de exportación. Se realizó una investigación por cada producto para conocer cuáles son los principales departamentos en los que se producen. Al momento de analizar el indicador que evaluaba este aspecto, este se limitaba a una clasificación por departamento. Por lo que cabe la posibilidad de que el sitio evaluado esté ubicado en un departamento que no genera mayor carga aérea, sin embargo su ubicación puede estar en un área cercana al departamento vecino y que de igual forma, podría incentivar la exportación de los productos de esa región. El resultado de esta investigación fue la realización de un mapa en el que se identifican los departamentos con mayor número de productos de exportación, este número de productos se refiere a la variedad y no a la cantidad en peso o porcentaje en relación a la carga aérea total. Este mapa muestra claramente que la mayor producción que genera carga aérea, se da en los departamentos del Altiplano Central. Estos departamentos son considerados de alta fertilidad y por lo tanto la producción está predominada por los productos perecederos del suelo. No se realizó el análisis de las importaciones, debido a que lo primordial es incentivar las exportaciones de productos nacionales.

El análisis de las vías de acceso a los sitios propuestos para la construcción del nuevo aeropuerto, se basó en el estudio de la carretera primaria de acceso y de la carretera de acceso al área terminal. La diferencia entre ambas es que la primaria de acceso es la vía por la que se conecta el aeropuerto con la ciudad principal, siendo la ciudad de Guatemala para este caso; y la de acceso al área terminal es la que conecta a la carretera primaria de acceso con el área terminal del aeropuerto. Para la carretera primaria de acceso se analizó su clasificación funcional y clasificación por nivel de servicio. Estas clasificaciones se diferencian en que la funcionalidad se basa en el objetivo principal de conexión de la carretera pudiendo ser arterial que posee largos tramos sin conexión de otras carreteras, colector que posee menores tramos con conexiones de otras carreteras o local que posee suficientes conexiones para comunicar a poblados entre sí o a las carreteras arteriales y colectoras. Por otro lado, el nivel de servicio depende del flujo máximo de vehículos que transita por la carretera, esto depende de la demanda de vehículos a la que está sometida la carretera.

La evaluación de los sitios, en base a los criterios del análisis de vías de acceso terrestre y espacio aéreo, dio un resultado favorable a la propuesta ubicada en El Progreso. A pesar de que Escuintla cuenta con extensas planicies, el área ubicada dentro del radio de 50km presenta grandes diferencias de alturas. En el caso de Chimaltenango, al orientar la pista según la dirección de los vientos predominantes las superficies quedan interrumpidas, similar a lo que pasa con los otros sitios propuestos.

El análisis de factores ambientales toma mucha fuerza en la actualidad dado que la preocupación por el cuidado ambiental ha tomado mayor relevancia con el tema del calentamiento global. La realización de estudios de impacto ambiental son un tema indispensable para cualquier tipo de construcción, y para el caso de la construcción de un aeropuerto, un estudio de impacto ambiental es obligatorio que se lleve a cabo, además que es uno de los tipos de estudios más complicados y completos que deben realizarse dada la magnitud de este proyecto.

Dentro de la investigación se analizaron diversos factores tanto ambientales como de desarrollo social para los distintos sitios propuestos como posibles localizaciones para construir el nuevo aeropuerto internacional. Dentro del análisis del desarrollo social en Guatemala se puede observar que el país presenta un retraso importante en cuanto a la preparación académica de la población y los servicios básicos que se prestan en el país. Estos factores son un impulsor como razón por la cual se debe de llevar a cabo la construcción de un nuevo aeropuerto, ya que un proyecto de esta índole puede generar mucho desarrollo para la región donde se lleve a cabo, además de colaborar al desarrollo nacional, pero también es importante el observar que el retraso en preparación académica y servicios pueden llegar a ser un factor que impida el buen desarrollo de un proyecto tan grande. Estos pueden limitar el crecimiento del comercio a los alrededores del aeropuerto, afectando la rentabilidad de este. Por estos motivos es muy importante el tomar en cuenta planes de desarrollo para los sitios analizados, pero sin dejar de tener como visión que el nuevo aeropuerto también puede ser parte del plan de desarrollo para los sitios propuestos y el país.

En relación directa al tema del cuidado ambiental se plantearon diversas medidas de mitigación a los posibles problemas ambientales que se pudieran llegar a generar con la construcción del aeropuerto internacional, además de explicar cómo se debe de plantear y manejar los planes de seguimiento para las medidas de mitigación planteadas. Dentro del análisis ambiental para la elaboración de los indicadores a evaluar se tomó en cuenta el estudio de la topografía y geografía de los sitios evaluados, también la cercanía que pudiera existir entre el aeropuerto y las zonas protegidas o reservas ambientales, las cuales limitan la construcción del aeropuerto.

Según los resultados que presentó la metodología ambiental las mejores ubicaciones para la construcción del nuevo aeropuerto internacional son los municipios de Sanarate y Jalapa, aunque considerando que Sanarate puede presentarse como la opción más viable ya que presenta una diferencia significativa de ventaja, en cuanto al resultado obtenido, en comparación con Jalapa. Este resultado no quiere decir que obligatoriamente la construcción del aeropuerto deba realizarse en esta locación. Bajo la metodología que se aplicó y en base a los criterios investigados, comparando los 5 municipios seleccionados, los municipios que presentan las mejores condiciones son Sanarate y Jalapa, pero la metodología puede ser aplicada para cualquier otra locación, siempre y cuando se lleve a cabo la investigación requerida para cada criterio.

Los parámetros turísticos son criterios más viables para utilizarlos como parámetros de medición y comparación de Guatemala con el resto del mundo. Son unos criterios de carácter internacional que brindan una perspectiva panorámica de la situación en la que se encuentra Guatemala como país en torno al turismo y competitividad.

Los mercados existentes en Guatemala se lograron definir exitosamente. Estos son principalmente cuatro: Los Estados Unidos, Centro América, Europa y Sur América. Los Estados Unidos es el mercado que por excelencia se capta gracias al transporte aéreo. Esto se debe a la conectividad que existe con el país, y las facilidades que tiene el turista norte americano en llegar a Guatemala. Centro América es un mercado prioritario, aunque este ingresa más al país por vía terrestre que por área por cuestiones de distancia. Europa

si es captado, a pesar de que no existen vuelos directos a ciudades europeas importantes. Con Sur América se está incrementando la conectividad para lograr facilitar entrada de suramericanos a Guatemala.

Los indicadores en el área turística no son determinantes, más si útiles para definir la ubicación de una construcción de un aeropuerto internacional. Para definir ubicaciones viables, se deben usar más indicadores de carácter técnico que tomen en cuenta factores clave para decidir una buena ubicación, como los discutidos con anterioridad. Los indicadores turísticos definen sostenibilidad, estado actual y capacidad futura de destinos turísticos ya establecidos, en donde fungen como matrices comparativas para evaluar cómo se encuentra un destino, y el impacto que el turismo está teniendo en el mismo.

Desde el punto de vista del sector turístico, Escuintla es el departamento que tiene mayor viabilidad para soportar la construcción de un nuevo aeropuerto internacional, por su capacidad turística, planta hotelera, cercanía a centros de distribución cercanos y cercanía con la ciudad de Guatemala. Esto no descarta que los otros cuatro lugares no califiquen del todo para ser un lugar potencial de construcción de una nueva terminal aérea.

Dentro de los análisis realizados se ha podido observar cuales son las mejores opciones para ubicar el nuevo aeropuerto internacional desde la perspectiva de cada tema analizado dentro de la presente investigación, pero se debe de realizar un análisis general tomando en cuenta todos los indicadores propuestos para poder dar una conclusión final a la presente investigación. Los resultados finales de la investigación muestran que los sitios que presentan las mejores condiciones para construir el nuevo aeropuerto internacional, considerando todos los temas e indicadores analizados, son: Sanarate, El Progreso; como la opción más viable, seguida de Escuintla, Escuintla y Barberena, Santa Rosa como segunda y tercera opción.

VIII. CONCLUSIONES

- Se determinó que en Guatemala es necesaria la construcción de una nueva terminal aérea fuera de la Ciudad Capital debido a que la actual cuenta con limitaciones tanto dentro del complejo como fuera de él y en el manejo de recursos.
- Se estimó el costo de la construcción de un nuevo Aeropuerto Internacional fuera de la Ciudad de Guatemala en condiciones ideales con un valor de aproximadamente US\$ 720,583,780.00. Se consideró una terminal aérea de aproximadamente 75,000 m² con 16 puertas de embarque, dos pistas de taxeo y una pista de aterrizaje de 4,000 metros. Se propone la concesión del manejo de la carga aérea y de reabastecimiento de combustibles en donde cada concesionario es encargado de la construcción de sus instalaciones.
- Los aeropuertos son entidades rentables debido a que sus ingresos son capaces de sufragar el costo y los gastos al tener un plan financiero razonable y actualizado para generar un beneficio sobre la inversión realizada a largo plazo.
- Los estudios de impacto ambiental son una herramienta utilizada para medir el impacto ambiental que pueda generar algún proyecto a un ecosistema determinado, pero es importante el hacer la aclaración que esta no es la única herramienta para este fin y que el estudio de impacto ambiental es una parte de un proceso conocido como “Evaluación de impacto ambiental”, la cual engloba todo el proceso para determinar desde que genera el impacto hasta las medidas de mitigación a implementar y como se debe llevar su respectivo seguimiento.
- El principal impacto económico que implica la construcción de un aeropuerto fuera de la Ciudad de Guatemala son las plazas de empleo directo e indirecto que este proporciona desde el momento de su construcción y posterior operación. Además provoca un desarrollo del turismo y de la industria hotelera a sus alrededores.
- Con base al análisis financiero realizado es recomendable realizar el proyecto y fijar nuevas tasas para el cobro de rentas y servicios aeroportuarios ya que de esta manera, el proyecto genera una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 12.6%.
- Se mostraron las diferentes áreas protegidas dentro las locaciones estudiadas para este proyecto mediante la utilización de mapas realizados con la herramienta Quantum Gis.

- Guatemala es un país que presenta una gran diversidad de flora y fauna, por lo cual el tema ambiental toma mucha relevancia en la construcción y es importante el llevar a cabo las medidas de mitigación adecuadas para evitar la destrucción de los ecosistemas del país.
- La topografía en Guatemala es muy variada dada la gran variedad de accidentes geográficos presentes en el país, pero es posible el encontrar regiones con topografías que se adapten de la mejor manera posible a las necesidades de un nuevo aeropuerto internacional, como lo son los municipios de Escuintla, Barberena y Sanarate.
- La gran diversidad de ecosistemas en Guatemala es un factor que complica la construcción de grandes proyectos como la del nuevo aeropuerto internacional, dado que un proyecto de esta magnitud necesita de muchas medidas de mitigación para que el proyecto sea ambientalmente sostenible, además de tener que implementar estudios de impacto ambiental muy complicados.
- El factor socioeconómico en Guatemala es muy bajo aún, no todas las regiones del país cuentan con servicios básicos como sanitarios o de agua potable, lo cual debe mejorar en gran cantidad para facilitar el desarrollo de un nuevo aeropuerto internacional.
- La construcción de una planta de tratamiento de agua propia del aeropuerto, es una obra indispensable que debe ser considerada para poder construir el nuevo aeropuerto internacional para la República de Guatemala.
- Los estudios de calidad de agua deben ir referidos a la norma COGUANOR NGO 29 001-99 como mínimo, para poder analizar las posibles fuentes de abastecimiento de aguas para el aeropuerto internacional.
- La implementación de medidas de mitigación es básica para tratar los problemas ambientales existentes en una determinada región y a su vez reducir el impacto ambiental generado por las obras de construcción de un proyecto.
- Se debe de implementar un plan de seguimiento para las medidas de mitigación, para asegurarse de que estas se cumplan a cabalidad, ya que de no ser así las medidas no podrán reducir el impacto ambiental que es generado por la construcción y los ecosistemas se verán afectados por el proyecto del aeropuerto internacional.
- Para el análisis de las de las superficies limitadoras de obstáculos en los sitios evaluados, la propuesta ubicada en El Progreso fue la obtuvo mejores resultados. A pesar de que Escuintla

cuenta con extensas planicies, el área ubicada dentro del radio de 50km presenta grandes diferencias de alturas. En el caso de Chimaltenango, al orientar la pista según la dirección de los vientos predominantes las superficies quedan interrumpidas, similar a lo que pasa con los otros sitios propuestos.

- Para la evaluación de la ubicación en relación a los principales sectores que generan carga aérea, Chimaltenango obtuvo un mejor resultado debido a su producción agrícola e industria de ropa elaborada. Seguido de Escuintla y Jalapa, quedando con menor puntaje los departamentos de El Progreso y Santa Rosa.
- En cuanto a la evaluación de la accesibilidad al sitio, la mayoría de propuestas tienen accesos similares, ya que cuentan con infraestructura vial aceptable debido a su proximidad con las carreteras CA1, CA2 y CA9. Excepto por el sitio ubicado en el departamento de Jalapa, que se encuentra a una distancia mayor a 15 km de la CA1, lo cual se da una puntuación desfavorable en relación a los demás sitios.
- Existen algunas planicies en los departamentos ubicados dentro del radio de 50 km, sin embargo los requisitos para construir un aeropuerto con alto nivel de seguridad tienen un gran alcance y establecen alturas relativamente cortas. Por lo que las alturas en los alrededores de estas planicies no cumplen completamente con los límites establecidos.
- Los principales departamentos que generan mayor variedad de productos de exportación por vía aérea son: Chimaltenango, Sacatepéquez, Quetzaltenango y Sololá. Esto se debe a su capacidad de producción agrícola y a la industria de ropa elaborada. Estos productos representan 52.11% y 15.38% respectivamente, en relación al total de la carga aérea exportada en el 2013.
- En porcentajes sobre el total de la carga exportada por vía aérea, los principales productos de exportación en el 2013 fueron: arveja china 21.03%, ropa elaborada 15.38%, minivegetales y vegetales 12.79%, mora 7.63%, Papaya y frutas varias 5.57%, pescado fresco 5.46%, y flores frescas 5.10%.
- Existen varias clasificaciones para el análisis de carreteras. Sin embargo, identificar la clasificación por funcionalidad y nivel de servicio de las carreteras, brinda información para conocer la función principal de la carretera, el tipo de flujo máximo de vehículos que puede acomodar y las velocidades que se pueden alcanzar.

- Las dos principales vías de acceso que se deben evaluar para el análisis de accesibilidad son: carretera primaria de acceso, vía que conecta al aeropuerto con la ciudad vecina; carretera de acceso al área terminal, vía que conecta la carretera primaria de acceso con los edificios terminales y estacionamientos.
- Se lograron definir los criterios en el área turística y económica para ser tomados en cuenta previamente a diseñar y construir una nueva terminal aérea fuera de la ciudad de Guatemala. Estos criterios son más viables para utilizarlos como parámetros de medición y comparación de Guatemala con el resto del mundo. Son unos criterios de carácter internacional que brindan una perspectiva panorámica de la situación en la que se encuentra Guatemala como país en torno al turismo y competitividad.
- Los mercados existentes en Guatemala se lograron definir exitosamente. Estos son principalmente cuatro: Los Estados Unidos, Centro América, Europa y Sur América. Los Estados Unidos es el mercado que por excelencia se capta gracias al transporte aéreo. Esto se debe a la conectividad que existe con el país, y las facilidades que tiene el turista norte americano en llegar a Guatemala. Centro América es un mercado prioritario, aunque este ingresa más al país por vía terrestre que por área por cuestiones de distancia. Europa si es captado, a pesar de que no existen vuelos directos a ciudades europeas importantes. Con Sur América se está incrementando la conectividad para lograr facilitar entrada de suramericanos a Guatemala.
- Los indicadores en el área turística no son determinantes, más si útiles para definir la ubicación de una construcción de un aeropuerto internacional. Para definir ubicaciones viables, se deben usar más indicadores de carácter técnico que tomen en cuenta factores clave para decidir una buena ubicación. Los indicadores turísticos definen sostenibilidad, estado actual y capacidad futura de destinos turísticos ya establecidos, en donde fungen como matrices comparativas para evaluar cómo se encuentra un destino, y el impacto que el turismo está teniendo en el mismo.
- Por su cercanía a la ciudad, los lugares propuestos fueron Escuintla, El Progreso, Jalapa, Chimaltenango y Santa Rosa. Desde el punto de vista del sector turístico, Escuintla es el departamento que tienen mayor viabilidad para soportar la construcción de un nuevo aeropuerto internacional, por sus capacidades turísticas, planta hotelera, cercanía a centros de distribución cercanos y cercanía con la ciudad de Guatemala. Esto no descarta que los otros cuatro lugares no califiquen del todo para ser un lugar potencial de construcción de una nueva terminal aérea.
- Los profesionales entrevistados presentaron una actitud positiva hacia la construcción de un nuevo aeropuerto, aunque también creen que no es la salida principal a los problemas de flujo turístico

que tiene Guatemala. Ellos piensan en su mayoría que la ubicación del aeropuerto si es un problema que hay que atacar. También creen que el Aeropuerto La Aurora es muy deficiente en cuanto a servicios internos para el turista en comparación con otros aeropuertos internacionales, pero que los problemas son internos y tienen solución. Esto deja la conclusión final que de los entrevistados, la mayoría está de acuerdo con que un aeropuerto nuevo si es un motor de empuje para la economía del país, así como también sería un motor de incremento turístico nacional, aunque en el caso específico de Guatemala, no sería conveniente la construcción en un corto plazo.

- Se demostró que las pistas, tanto la activa como las calles de rodaje, del Aeropuerto Internacional La Aurora tiene varias deficiencias en cuanto a parámetros internacionales establecidos por la Organización de Aeronáutica Civil Internacional, que hacen que sea menos cotizado por aerolíneas internacionales y disminuya la demanda de tráfico aéreo.
- Al momento de llevar a cabo un estudio real de ubicación de un nuevo aeropuerto se deben tomar en cuenta parámetros con respecto a diferentes ámbitos como sector turístico y competitivo, factores topográficos y vías de acceso, aspectos ambientales y análisis financiero.
- Se definió una metodología para analizar los distintos indicadores basados en un análisis técnico de predimensionamiento de un aeropuerto.
- La aeronave crítica de diseño es el elemento básico que rige la mayoría de dimensiones de los componentes de un aeródromo. Por lo que se le debe prestar mucha atención para que finalmente, cuando el aeropuerto esté construido, satisfaga la demanda que se tiene.
- En cuanto al largo de la pista, se logró concluir que cuanto más elevado está el sitio a realizar el proyecto, más larga deberá de ser la pista. Es por eso que se debe buscar un sitio a una altura no muy elevada para no comprometer el peso máximo de despegue.
- Los parámetros que se deben tomar en cuenta al momento de predimensionar un aeropuerto internacional son los siguientes: Aeronave crítica de diseño, clave de referencia de aeródromo, componente transversal del viento, longitud de pista, correcciones de longitud de pista, anchura de la pista, pendientes de la pista, margen de la pista, franjas de la pista, calles de rodaje, calles de salida rápida, elección de radioayudas de navegación, cantidad de puertas, edificio terminal, margen de plataforma y configuración de plataforma.

IX. RECOMENDACIONES

- Se debe considerar este trabajo como la primera fase de análisis para un estudio del traslado del aeropuerto internacional, por lo que se debe de dar continuidad a este proyecto.
- Es indispensable la realización de un nuevo censo para la República de Guatemala, ya que mucha de la información actual de la población del país aún sigue haciendo referencia al censo del año 2002, lo cual deja la información muy desactualizada.
- Se debe implementar programas de desarrollo en el interior del país para mejorar el nivel socioeconómico, así también como los servicios básicos como drenajes y abastecimiento de agua potable en el interior de la República, lo cual sería de mucha ayuda para el desarrollo de un proyecto como el nuevo aeropuerto internacional.
- Se debe incluir más estudiantes de diferentes carreras como biología, antropología, química o ciencias de la administración para poder trabajar más a profundidad los diferentes temas que engloba un proyecto como la construcción de un aeropuerto internacional, ya que esto enriquecerá la calidad de información del proyecto, y generará resultados más precisos y completos.
- Se recomienda hacer una revisión a las tarifas aeroportuarias que actualmente se aplican a los pasajeros y aviones que utilizan los servicios del Aeropuerto La Aurora debido a que fueron establecidas en el año 2002 y no se consideró ningún incremento anual por lo que están desactualizadas.
- Se recomienda que para analizar otros sitios con este método se haga una visita de campo previa y se consulte a expertos sobre las características de los suelos y costo de la tierra.
- Se recomienda la creación de un organismo regulador de las tarifas aeroportuarias para evitar el alza significativa en las tasas y tarifas.
- Se recomienda realizar un estudio más detallado de los propietarios de los inmuebles para tener un dato más exacto del valor de la tierra y el tipo de suelo que hay en el terreno.
- Se recomienda realizar una topografía en las diferentes áreas para poder determinar con exactitud la cantidad de movimiento de tierras que se debe hacer y cómo esta afecta en cada sitio propuesto.

- Se recomienda analizar la aceptación social del proyecto por los diferentes municipios ya que en Guatemala este es un factor que puede influir en el éxito o fracaso del mismo.
- Es importante que los resultados de este estudio no se tomen como los únicos datos para dar una conclusión con respecto al mejor sitio para la construcción de un aeropuerto. Ya que para el análisis de prefactibilidad para la construcción de aeropuerto internacional, también se deben abarcar otros temas como el sector turístico, área de edificios terminales e instalaciones, sector ambiental y análisis financiero. Además, se recomienda realizar una segunda fase para complementar la información presentada en este estudio.
- Para el análisis de la topografía con respecto a las superficies limitadoras de obstáculos, se utilizaron curvas a cada 100 m y curvas complementarias a cada 50 m y 25 m. Se recomienda obtener curvas con menores intervalos de alturas para poder tener una mejor representación de la topografía y de esta manera realizar un análisis más exacto al implementar las superficies sectorizadas. También se podría realizar otro tipo de análisis, como podría ser la evaluación de la topografía realizando un modelo en 3D tanto de la superficie del terreno como de las superficies limitadoras de obstáculos.
- Si se pretende construir un aeropuerto que cumpla estrictamente con los altos estándares de seguridad con respecto al espacio aéreo, la ubicación no será completamente favorable si se encuentra en alguno de los departamentos de la franja central de Guatemala. Esto se debe a la topografía variada que presenta dicha región. Sin embargo, se recomienda que para estudios más específicos se tome en cuenta que algunas de las superficies limitadoras de obstáculos pueden estar interrumpidas por un terreno elevado, siempre que se establezcan procedimientos para que las aeronaves no vuelen en tales sectores.
- Algunos sitios resultaron menos favorable en cuanto a la evaluación de su ubicación en relación a los principales sectores que generan carga aérea de exportación. Sin embargo, estos sitios pueden ubicarse en una zona intermedia en la que podría favorecer a los departamentos vecinos que tienen mayor importancia en este sentido. Por lo que se recomienda realizar un estudio para evaluar las vías de acceso que conectan a estos sitios con los departamentos que generan carga aérea.
- El análisis de la funcionalidad y nivel de servicio de las carreteras, brinda información de la situación actual de cada sitio. Sin embargo, para una segunda fase de este proyecto se recomienda realizar un estudio de impacto vial para conocer cuál puede ser el efecto de

construir un aeropuerto internacional. Ya que el nivel de servicio puede variar si las carreteras son sometidas a mayores demandas de vehículos.

- Realizar una mayor cantidad de entrevistas a profesionales, y tomar en cuenta otras instituciones, no exclusivamente las de interés para lograr recabar mayor cantidad de puntos de vista.
- Ampliar la cantidad de profesionales entrevistados para lograr extraer información más amplia y concisa.
- Complementar el trabajo con perspectivas de personas no profesionales en el tema para lograr captar una opinión social acerca de la construcción de un nuevo aeropuerto. Utilizar la encuesta como método facilitador de este punto.
- Involucrar a otro tipo de expertos en el tema de ubicación de un nuevo aeropuerto, pues es un proyecto de una gran magnitud que no puede llevarse a cabo por completo solamente con un experto en el área turística.
- Se recomienda realizar visitas de campo a las posibles ubicaciones en las que se utilice la metodología creada, pues esto intensifica y mejora la calidad de ponderación que se le otorgue al lugar por indicador evaluado.
- Para obtener mayor profundidad en el tema de construcción de un nuevo aeropuerto se recomienda tomar en cuenta en futuras investigaciones el tema de la carga, pues es un tema muy importante en términos económicos.
- Es de suma importancia tener presente que los parámetros de este estudio son solamente una guía para el predimensionamiento de un aeropuerto y al momento de llevarse a cabo una propuesta real de ubicación y dimensionamiento del aeropuerto se deben realizar estudios en el sitio para conocer las características reales y específicas del lugar.
- También se debe hacer un estudio de mercado muy detallado y una proyección del turismo que llegará al país para poder hacer estimaciones realistas de la demanda que tendrá el aeropuerto y no sobredimensionar las instalaciones.
- Al momento de realizar un estudio real, este estudio se debe apoyar de estudios en otros ámbitos para no dejar de lado otros parámetros que se deben tomar en cuenta para realizar un

proyecto rentable. Se deben tomar en cuenta características del sector turístico y competitivo, factores topográficos y vías de acceso, aspectos ambientales y análisis financiero.

- Otro factor importante que se debe tomar en cuenta de la metodología propuesta es que para obtener el área total de la terminal se puede hacer un cálculo en base a la cantidad de puertas que tendrá el aeródromo, que es una aproximación muy acertada porque dependerá de la cantidad de pasajeros que utilicen el aeropuerto el tamaño total de la terminal. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que la terminal debe estar formada por diversos servicios internos que pueden variar el área y distribución de la misma.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Aceros y servicios. 2014. *Contenedores industriales*. En Red en:
<http://aceroyservicio.com.mx/contenedores/industrial3.html>
- Administración Federal de Aviación. (2010). *Runway Status Lights*. En Red en: <http://rwsll.mit.edu/>
- Aeris Holding Costa Rica S.A. (n.d.). *Sobre AERIS*. En red en:
<http://www.fly2sanjose.com/front/pt11.php?ref=5>
- Aeropuertos Argentina 2000. *2,3 Millones de pasajeros durante Julio en los aeropuertos argentinos*. En red en: <http://www.aa2000.com.ar/news.aspx?idnoticia=728>
- Aeropuertos Argentina 2000, S.A. *Visión Aeropuertos Argentina*. En red en:
<http://www.aa2000.com.ar/vision.aspx>
- Aeropuertos del Mundo. 2013. *Aeropuerto de Guatemala - La Aurora*. En red en:
<http://www.aeropuertodelmundo.com.ar/americancentral/guatemala/aeropuertos/guatemala.php>
- Aeropuertos Españoles. 2014. *Coordinación de Franjas Horarias*. En red en:
<https://www.slotcoordination.es/csee/Satellite/Slots/es/Page/1237545152315/1237544440201/>
- AGEXPORT. 2013. *Exportaciones del Sector de Arveja y Vegetales favorecen a los productores rurales del país*. En red en: <http://agexporthoy.export.com.gt/2013/01/exportaciones-del-sector-de-arveja-y-vegetales-favorecen-a-los-productores-rurales-del-pais/>
- AGRITRADE-AGEXPORT. (s.f.). *Plataforma agrícola*. En red en:
<http://www.comunidadesdemarca.com/exp/index.php>
- Airport Cooperative Research Program. (2010). *Airport Passenger Terminal Planning and Design (Vol. I)*. Washington, Estado Unidos de América: *Transportation Research Board*.
- Asamblea Nacional de Panamá. (31 de 01 de 2003). *Ley del derecho aeronáutico y del espacio*. En red en:
http://www.asamblea.gob.pa/APPS/LEGISPAN/PDF_NORMAS/2000/2003/2003_526_1411.PDF
- Asociación de la Industria de Vesturio y Textiles. (2013). *Guía del inversionista sector vestuario y textiles en Guatemala*. VESTEX.

- Autoridad de Aviación Civil de El Salvador. (26 de 10 de 2009). *Historia de la Autoridad de Aviación Civil*. En red en: <http://www.aac.gob.sv/index.php/institucion/historia.html>.
- Aviación Latinoamericana. 2013. *Historia de la aviación*. En red en: <http://www.granportalavaiccion.com/historia-aviacion/>.
- Bachelor, Blane. 2009. *Los aeropuertos nuevos y con mejoras y una nueva aerolínea ofrecen esperanza a los extenuados viajeros*. Latin Trade. ene/feb2009, Vol. 17 Ed. 1, p52-53. 2pp.
- Batres, A. 1949. *La América Central ante la historia*. Guatemala, Guatemala, Imprenta Marroquín Hermanos,.
- Benito, A. 2009. *La demanda de transporte aereo*. Madrid, España.
- Boeing. 1981. *Commercial Airplanes. 747 Airplane Characteristics for Airport Planning*. En red en: <http://www.boeing.com/assets/pdf/commercial/airports/acaps/7471sec3.pdf>
- Boeing. 2002. *757 Airplane Characteristics for Airport Planning*. En red en: <http://www.boeing.com/assets/pdf/commercial/airports/acaps/753sec3.pdf>
- Buchanan, Ronald. 2009. *Aeropuerto Internacional Benito Juárez*. Latin Trade. mar/abr2010, Vol. 18 Ed. 2, p39-39. 2/3pp
- Cabrera, F y Roncal, F. 2001. *Historia general de Guatemala y Centroamérica*. Edumaya y Prodesa. USAID/Guatemala. Universidad Rafael Landívar. 65 pp
- Cabrera, M. Á. 2014. Viceministro de Infraestructura y Vivienda. (J. M. Estrada, R. Díaz, O. Chajil, & D. Cuevas, Interviewers)
- Carrera, J. A. (07 de 2000). *El estudio de mercado de tierras en Guatemala*.
- Carrillo Quan, Amparo. 2002. *Tratados y convenios internacionales ambientales sobre biodiversidad ratificados por la República de Guatemala*. Tesis Universidad Francisco Marroquín, Guatemala, Guatemala, Instituto de Estudios Políticos y Relaciones Sociales. 68 págs.
- Casa Biyuka. 2014. *Manejo de aguas grises*. En red. En http://intermundos.org/casa_ecologica/?cat=94

Castiglione Arzuaga, Jorge Ricardo. Ing. Industrial, gerente de CASABAL, empresa dedicada a evaluaciones de impacto ambiental con experiencia de 10 años, ubicada en 8va calle D 5-66 casa #9 Condominio El Escalón, Ciudad San Cristóbal zona 8 de Mixco. Entrevista personal. 13 de septiembre de 2014.

CEPREDENAC y SIECA. (2011). *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras con Enfoque en Gestión de Riesgo y Seguridad Vial*. Centroamérica: Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo.

COMBEX-IM. (s.f.). *Nuestra Historia*. En red en: <http://www.combexim.com.gt/historia.html>

COMBEX-IM. (2014). *Información Estadística*. En red en: <http://www.combexim.com.gt/estadisticas.html>

Comisión Guatemalteca de Normas, COGUANOR. 1985. *Agua Potable. Especificaciones*. COGUANOR NGO 20 001-99. Ministerio de Economía. Guatemala. 15 págs.

Comisión Nacional Guatemalteca de Normas – COGUANOR. 1999. *COGUANOR NGO 29 001:99, Agua potable, especificaciones*. Comisión Nacional Guatemalteca de Normas. Guatemala. 15 págs.

Concejo Municipal de la Ciudad de Guatemala. 2004. *RE-10 Reglamento Específico de Evaluaciones de Impacto Vial para el Municipio de Guatemala*. Guatemala: Municipalidad de Guatemala.

Concejo Municipal de la Ciudad de Guatemala. 2008. *Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Guatemala*. Guatemala: Municipalidad de Guatemala.

Cordero, M. 2013. *De Guatemala a Europa: ocho historias de éxito*. En red en: <http://revistadata.export.com.gt/2013/12/de-guatemala-a-europa-ocho-historias-de-exito/>

Congreso de la República de Guatemala. 1989. *Ley de áreas protegidas*. Organismo Legislativo. Guatemala. 16 págs.

Congreso de la República de Guatemala. 1993. *Constitución política de la República de Guatemala*. Organismo Legislativo. Guatemala. 76 págs.

Congreso de la República de Guatemala. 1998. *Código de salud decreto 90-97*. Organismo Legislativo. Guatemala. 66 págs.

- Congreso de la República de Guatemala. 2000. *Ley de creación del MARN decreto 90-2000*. Organismo Legislativo. Guatemala. 5 págs.
- Congreso de la República de Guatemala. 2001. *Acuerdo gubernativo 186-2001*. Organismo Legislativo. Guatemala. 17 págs.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas, CONAP. 2005. *Informe Nacional de Áreas Protegidas de Guatemala. Presidencia de la República de Guatemala*. Guatemala. 37 págs.
- Consortio B. Verita de Colombia – ECOFOREST. 2001. *Guía ambiental para la construcción o ampliación de pistas, plataformas y calles de rodaje*. Bogotá, Colombia. 127 págs.
- Corredor Interoceánico de Guatemala, S.A. *Zonas Francas*. En red en:
<http://www.clisanjorge.com/ZONAS-FRANCAS-EN-GUATEMALA.html>
- Cuyun Salguero, G. 1999. *Antiguo Aeropuerto Internacional La Aurora propuesta de restauración y reciclaje*. Tesis, Universidad San Carlos de Guatemala, Arquitectura, Guatemala.
- De León, E. 2006. *Tipologías Arquitectónicas - Edificios altos de apartamentos contemporáneos en Guatemala*. Tesis, Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Arquitectura, Guatemala.
- De León. 2011. *Flora y fauna de Guatemala por departamentos*. En red en:
<http://www.ilustrados.com/tema/4350/Flora-fauna-Guatemala.html>
- Dirección General de Aeronáutica Civil de Guatemala. 2001. *Reglamento de la ley de aviación civil*. Guatemala: Dirección General de Aeronáutica Civil de Guatemala.
- Dirección General de Aeronáutica Civil. 2001. *Reglamento de la Ley de Aviación Civil*. Guatemala: DGAC.
- Dirección General de Aeronáutica Civil. 2014. *RAC 14 Diseño de Aeródromos (Vol. 1)*. Guatemala: DGAC.
- Dirección General de Aeronáutica Civil de Guatemala. 2014. *Reglamento de la Ley de Aviación Civil 14. Diseño de aeródromos*. Guatemala: Dirección General de Aeronáutica Civil de Guatemala.
- Duro, M. (2014). *Director de la Direccion de Informacion Geografica*. (R. Diaz, Entrevistador)
- Federal Aviation Administration. 1988. *Planning and Design Guidelines for Airport Terminal Facilities*

- Empresas de Uruguay, S.A. 2014. *Puerta del sur S.A. concesión del aeropuerto hasta 2033*. En red en: <http://www.empresasdeluruguay.com.uy/index.php/noticias-empresariales/906-puerta-del-sur-s-a-concesion-del-aeropuerto-hasta-2033>
- EPA. 2014. *Siete prioridades para EPA*. En red en: <http://www.epa.gov/espanol/sobreepa/sieteprioridades.html>
- Escobar, J. 1999. *Privatización de aeropuertos – El efecto económico sobre las líneas aéreas – posición de IATA Y AITAL*. En red en: http://www.icao.int/Meetings/AMC/MA/1999/aps/07_pp_escobar_s.pdf
- Estrucplan. 2000. *Clasificación de impactos según su forma de acción*. En red en: <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=1769>
- Fageda, X., & Voltès-Dorta, A. *Efficiency and profitability of spanish airports: a composite non-standard profit function approach*. Universidad de Barcelona, Facultat d'Economia i Empresa. Barcelona: Universidad de Barcelona.
- Federal Aviation Administration. 2011. *Advisory Circular: Standards for Specifying Construction Of Airports*. U.S. Department of Transportation.
- Federal Aviation Administration. 2014. *Advisory Circular: Airport Design*. Federal Aviation Administration, Airport Safety and Standards. U.S. Department of Transportation.
- Folchi, Mario. 1993. *The competitiveness of long haul destinations: Legal aspects*, The Tourist Review, Vol. 48. 4ta Edición, pp.19 – 20
- Ginkgo Maps. 2014. *América del Sur: Mapas de Guatemala*. En red en: http://www.ginkgomaps.com/mapas_guatemala.html
- Grupo Aeroportuario del Sureste . 2014. *ASUR*. En red en: <http://www.asur.com.mx/es/conoce-asur/historia.html>
- Grupo Aeroportuario Centro Norte. 2014. *OMA*. En red en: <http://www.oma.aero/es/somos/historia.htm>
- Grupo Aeroportuario Pacífico. 2014. *GAP*. En red en: <http://www.aeropuertosgap.com.mx/es/>
- Guatemala. 2014. *Acuerdo Gubernativo número 273-98 Artículo 9 del Reglamento de Tránsito*. Guatemala.

- Helmbold, Gretel. 2004. *Tesis de Graduación: Crisis de las aerolíneas Mundiales*. Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina.
- Hernández, J., Hernández, M., & Cruz, C. 2001. *Plan maestro de transporte aéreo y aeropuertos centroamericanos 2001 - 2010*. El Salvador: Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA).
- Hernández, M. (11 de 10 de 2014). *Tipos de suelos en Guatemala*. (J. M. Estrada, Interviewer)
- Hernández Platero, J. R., Hernández, M., & Cruz Torres, C. 2001. *Plan Maestro de Transporte Aéreo*. Gran Portal de la Aviación. En red en: <http://www.granportalaviacion.com/aeropuertos-latam/>
- Institute of Transportation Engineers. 2003. *Trip Generation*. Washington, DC: ITE.
- Instituto de Estudios y Capacitación Cívica, COMODES. 2001. *Diccionario Municipal de Guatemala. Guatemala*. Págs. 181.
- Instituto Geográfico Nacional. 1976. *Diccionario Geográfico de Guatemala*. 2da Ed. Guatemala: Tipografía Nacional.
- Instituto Geográfico Nacional. (s.f.). *Productos, Geoportal*. (IGN, Editor) En red en: <http://www.ign.gob.gt/>
- Instituto Nacional de Estadísticas. 2012. *Censos Nacionales XI de Población y VI de Habitación 2002*. Guatemala, Instituto Nacional de Estadísticas. Págs. 278.
- Instituto Nacional de Estadística. 2013. *Caracterización estadística, República de Guatemala 2012*. Guatemala: INE.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Universidad de Guadalajara. 2007. *Importancia y distribución de los cultivos perennes en los Estados Unidos Mexicanos*. Guadalajara, México. 53 págs.
- Interairports, S.A. 2014. *Aeropuertos de Honduras*. En red en: <http://www.interairports.hn>
- International Civil Aviation Organization. (s.f.). *International Civil Aviation Organization*. En red en: <http://www.icao.int/>

- International Civil Aviation Organization. (s.f.). *International Civil Aviation Organization*. En red en:
<http://www.icao.int>
- Iberro-Semerena, José. *Notas y comentarios: Costos de oportunidad social del tiempo de usuarios del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México*. Trimestre Económico. Ene-mar2008, Vol. 75 Ed. 297, p211-223.
- INGUAT. 2013. *Boletín Estadístico del 2013*. Depto. de investigación y análisis de mercados.
- INSIVUMEH. *Velocidad del viento promedio anual. Dirección predominante del viento modal anual*. Atlas Climatológico. INSIVUMEH, Guatemala, Guatemala.
- Lara Arreola, Lissette. 2005. *Manual de Evaluación Ambiental Estratégica*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Facultad de ingeniería, Escuela de Mecánica Industrial. 118 págs.
- Leclair, R. 2004. *Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales* (2a ed.). Guatemala.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. 2001. *Base de datos digital de la República de Guatemala escala 1:250,000*. Guatemala: MAGA.
- Lehnhoff Lavagnino, Juan Carlos; Castillo Melgar, Bianca Carina. 2014. *Instrumento ambiental de la construcción. Parque Nacional Sierra del Lacandón, Reserva de Biosfera Maya, La Libertad, Petén, Guatemala*. Peten, Guatemala. 148 págs.
- López de Paz, Débora Ester. 2004. *Diagnóstico Socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión, Municipio de Jalapa departamento de Jalapa*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Guatemala, Facultad de ciencias Económicas. 153 págs.
- López Y López, Gerardo Antonio. 2004. *Diagnóstico Socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión, Municipio de Barberena departamento de Santa Rosa*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Guatemala, Facultad de ciencias Económicas. 162 págs.
- Lipovich, G. A. 2009. *Los casos de movilización social relacionados con la intensificación de los impactos negativos de la relación aeropuerto-ciudad y su incidencia en la planificación aeroportuaria y en la planificación urbana*. En red en:
<http://www.filo.uba.ar/contenidos/investigacion/institutos/geo/ptt/TesisMgsUTDTLipovich.pdf>

- Luján, J. 1993. *Historia General de Guatemala*. 6 tomos. Guatemala, Guatemala, Asociación de Amigos del País, Fundación para la Cultura y el Desarrollo.
- Luján, L. 1972. *Síntesis de la arquitectura en Guatemala*. Guatemala. Universidad de San Carlos.
- Martínez García, Carlos Alerto. 2011. *Diagnóstico Socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión, Municipio de Patzicía departamento de Chimaltenango*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Guatemala, Facultad de ciencias Económicas. 102 págs.
- Mendizabal Prem, Gladys Mercedes. Arquitecta y licenciada ambiental No 145 de empresa CASABAL, empresa dedicada a evaluaciones de impacto ambiental con experiencia de 10 años, ubicada en 8va calle D 5-66 casa #9 Condominio El Escalón, Ciudad San Cristóbal zona 8 de Mixco. Entrevista personal. 13 de septiembre de 2014.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales – MARN. 2007. *Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental decreto 431-2007*. MARN. Guatemala. 11 págs.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales – MARN. 2009. *Informe Ambiental del Estado de Guatemala 2009: Sistema Biótico*. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Guatemala. 29 págs.
- Mota Berreondo, Brenda. 2011. *La legislación ambiental guatemalteca*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales. 103 págs.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (s.f.). *Atlas temático de la República de Guatemala*. En red en: <http://web.maga.gob.gt/mapas/>
- Morales Cameros, Mirla Raffaella. 2003. *Control de calidad del agua para consumo humano de la cabecera departamental de Jalapa, municipio de Jalapa*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Guatemala, Facultad de ciencias Químicas y Farmacia. 57 págs.
- Montufar, S. 2014. *Aeronáutica Civil*. (J. M. Estrada, Interviewer)
- Morales Barco, F. L. 2008. *Construcción del Aeropuerto Internacional La Aurora*. En red en: <http://cultura.muniguate.com/index.php/component/content/article/43-fincaaurora/168-construccionaerouerto>

- Morales, Liliana. 2008. *Aeropuerto Internacional La Aurora*. En red en:
<http://cultura.muniguate.com/index.php/component/content/article/43-fincaaurora/167-historiaaeropuerto?tmpl=component>.
- Municipalidad de Guatemala. 2008. *Cultura Muniguate: Construcción del Aeropuerto La Aurora*. En red en: <http://cultura.muniguate.com/index.php/component/content/article/43-fincaaurora/168-construccionaerouerto>
- OACI. (s.f.). *El transporte mundial de la carga aérea*. En red en:
http://www.icao.int/Meetings/AirCargoDevelopmentForum-Togo/Documents/ICAO-WCO_Moving-Air-Cargo_2013_ES.pdf
- OPAIN, S.A. (s.f.). *Misión y Visión OPAIN*. En red en: from <http://www.opain.co/misionyvision.php>
- Organización de Aviación Civil Internacional. 2013. *Manual sobre aspectos económicos de los aeropuertos*. En red en: http://www.icao.int/publications/Documents/9562_es.pdf
- Organización Panamericana de la Salud, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. 2004. *Manual de perforación manual de pozos y equipamiento con bombas manuales*. Lima, Perú. 37 págs.
- Organización de Aviación Civil Internacional. 1983. *Manual de servicios de aeropuertos* (Segunda ed.). OACI.
- Organización de Aviación Civil Internacional. 2004. *Anexo 14, Aeródromos* (Vol. I). OACI.
- Organización de Aviación Civil Internacional. 2006. *Manual de diseño de aeródromos, parte 1, pistas* (Tercera ed.). OACI.
- Organizacion de Aeronautica Civil Internacional. 2001. *Telecomunicaciones Aeronauticas. Procedimientos de comunicaciones*. OACI.
- Organización de Aviación Civil Internacional. 2002 – OACI. *Manual de planificación de aeropuertos, Utilización del terreno y control del medio ambiente. Canadá, Organización de Aviación Civil Internacional*. 140 págs.
- Organización de Aviación Civil Internacional. 2004. *Anexo 14, Aeródromos* (Vol. I). OACI.

- Organizacion de Aeronautica Civil Internacional. 2005. *Runway Length Requirements For Airport Design*. Federal Aviation Administration.
- Organización de Aviación Civil Internacional. 2006. *Manual de diseño de aeródromos. Parte 1. Pistas* (3a edición ed.). OACI.
- Organizacion de Aviacion Civil Internacional. 2010. *Operacion de aeronaves. Parte I. Transporte Aereo comercial internacional-Aviones-*. OACI.
- Organización de Aeronáutica Civil Internacional. 2013. *Planes Maestros. Conceptos de Planificación*. OACI.
- Organización Mundial del Turismo. 2002. *El Turismo en la era de las alianzas, fusiones y adquisiciones*.
- Organización Mundial del Turismo. 2013. *Panorama OMT del turismo internacional*.
- Osoy, W. 2014. Analista Financiero. (J. M. Estrada, Interviewer)
- Perrot, J.-Y., & Chatelus, G. 2001. *Financiamiento de infraestructuras y servicios colectivos* (1ra Edición ed.). (L. Santamaría, Trans.) ondè-sur-Noireau, Francia: Presses de l'école nationale des Ponts et chaussées.
- Otis, John . 2009. *Aeropuerto Internacional El Dorado*. Latin Trade. mar/abr2010, Vol. 18 Issue 2, p42-42. 2/3pp.
- Otis, John. *Los mejores y peores aeropuertos de Latinoamérica Latin Trade (Español)*. ene/feb2012, Vol. 20 Issue 1, p44-44. 1/2p
- Porras, Antonio. 2000. Tesis de graduación: *Terminal para el Aeropuerto Internacional de Puerto Barrios*. Facultad de Arquitectura. Universidad Francisco Marroquín. Guatemala
- Prado, P., Hernández, V., Coj, M., Pineda, I., & Ventura, E. 2010. *El sector textil y confección y el desarrollo sostenible en Guatemala*. Guatemala: ICTSD.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 2011. *Cifras para el desarrollo humano Escuintla*. 2011. Escuintla, Guatemala. 12 págs.

- Real Academia Española. 2001. *Diccionario de la Real Academia Española* (22a edición ed.). Madrid, España.
- Registro de Información Catastral. 2011. *Guía de productos gráficos y su control de calidad*. Guatemala: RIC.
- Registro de Información Catastral. (s.f.). *Servicios y Productos Catastrales*. En red en: <http://www.ric.gob.gt/quienes-somos/que-hacemos/servicios-y-productos-catastrales>
- Rivas Rivas, D., & Vázquez Valenzuela, R. 2013. *Navegación Aérea*. Sevilla: Departamento de Ingeniería Aeroespacial.
- Rodas, C. 2014. Alcalde de Sanarate. (J. M. Estrada, David Cuevas, Roselena Díaz, & Oswaldo Chajil, Interviewers)
- SACSA. 2012. *Información y Ubicación SACSA*. En red en: www.sacsa.com.co/?lang=es&opc=3sel=16
- Sameep. 2014. Medidas de mitigación, reparación y/o compensación de impactos ambientales y plan de gestión ambiental. Provincia de Chaco, Argentina. Planta potabilizadora y Acueductos. 27 págs.
- Sánchez, Enrique Moreno. *El aeropuerto y el movimiento social de Atenco*. Convergencia: Revista de Ciencias Sociales. ene-abr2010, Vol. 17 Ed. 52, p79-95. 17p.
- Santiago, René. 2010. Tesis de graduación: *Ampliación del aeropuerto de Quetzaltenango*. Facultad de Arquitectura. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Santizo, J. C. 2014. Ingeniero Civil. (J. M. Estrada, Sebastián Galvez, Roselena Díaz, David Cuevas, & Oswaldo Chajil, Interviewers)
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia-SEGEPLAN. 2010. *Plan de desarrollo Escuintla. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia*. Guatemala. 93 págs.
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, SEGEPLAN. 2010. *Plan de desarrollo Barberena, Santa Rosa. Consejo Municipal de Desarrollo*. Guatemala. 86 págs.
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, SEGEPLAN. 2010. *Plan de desarrollo Jalapa, Jalapa. Consejo Municipal de Desarrollo*. Guatemala. 86 págs.

- Solórzano Ponce, Rita Yesenia. 2005. *Determinación de la calidad del agua para consumo humano y uso industrial proveniente de la planta de tratamiento la carbonera, municipio de Sanarate, departamento de El Progreso, Guatemala*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Guatemala, Facultad de ingeniería Química. 108 págs.
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, SEGEPLAN. 2012. *Plan de desarrollo Sanarate, El Progreso*. Consejo Municipal de Desarrollo. Guatemala. 102 págs.
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, SEGEPLAN. 2010. *Plan de desarrollo Escuintla, Escuintla*. Consejo Municipal de Desarrollo. Guatemala. 93 págs.
- Secretaría de Integración Económica Centroamericana. 2011. *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras*. SIECA.
- Tierney, Sean. 2010. *Airline and Airport Choice by Passengers in Multi-Airport Regions: The Effect of Southwest Airlines*. Professional Geographer. Feb 2008, Vol. 60 Ed. 1, p15-32. 18pp
- Torres Flores, Jorge Alejandro. 2008. *Análisis de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua del Río Motagua en diez puntos de muestreo ubicados en su cauce principal*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Guatemala, Facultad de ciencias Químicas y Farmacia. 27 págs.
- Torres, J. 2014. *Aeropuertos*. En red en: <http://es.slideshare.net/JuanTorres126/tesis-aeropuerto-31188462>
- Unidad Administrativa Especial de Aeronautica Civil de Colombia. 2012. *Aeropuerto El Dorado*. En red en:
<http://www.aerocivil.gov.co/Aerodromos/CAeropuertos/CAEldorado/Documents/Informe%20concesion%20Bogota%20a%20MAYO%202012.pdf>
- Universidad Rafael Landívar. 2006. *Estado del uso de la tierra y ordenamiento territorial en Guatemala*. Guatemala, Guatemala. 37 págs.
- Vega Gómez, Mario Roberto. 2005. *Evaluación del caudal municipal de agua para consumo humano, real y teórico actuales, en la ciudad de Escuintla*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Guatemala, Escuela de Ingeniería Química. 55 págs.
- Vela, F. G. 2008. *Estudio de impacto Vial, marco conceptual*. Guatemala: Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala.

Vera Brito, Nancy. 2007. *Alternativas de potabilización para el agua que abastecerá la ampliación del aeropuerto internacional de la Ciudad de México*. Tesis Instituto Politécnico Nacional, México D.F., México, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura. 135 págs.

Vial, Daniel. 2009. *Nuevo aeropuerto en Valparaíso*. Tecnología Militar. 2009, Vol. 31 Ed. 4, p62-62. 1/6pp.

Visual colombiana. 2014. *Canecas plásticas*. En red en <http://visualcolombiana.blogspot.com/p/canecas-plasticas.html>

Weitzenfeld, H. (s.f.). *Identificación de Impactos*. En red en:
<http://www.bvsde.paho.org/bvsaia/fulltext/basico/031171-09.pdf>

World Economic Forum.2013. *The Travel & Tourism Competitiveness Report 2013*. 485 pp

XI. ANEXOS

CLASIFICACIÓN DE AVIONES POR NÚMERO Y LETRA DE CLAVE

<i>Fabricante</i>	<i>Modelo</i>	<i>Clave</i>	<i>Longitud de campo de referencia del avión (m)</i>	<i>Envergadura (m)</i>	<i>Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal (m)</i>
DeHavilland Canada	DHC2	1A	381	14,6	3,3
	DHC2T	1A	427	14,6	3,3
Britten Norman	BN2A	1A	353	14,9	4,0
Cessna	152	1A	408	10,0	—
	172 S	1A	381	11,0	2,7
	180	1A	367	10,9	—
	182 S	1A	462	11,0	2,9
	Stationair 6	1A	543	11,0	2,9
	Turbo 6	1A	500	11,0	2,9
	Stationair 7	1A	600	10,9	—
	Turbo 7	1A	567	10,9	—
	Skylane	1A	479	10,9	—
	Turbo Skylane	1A	470	10,9	—
	310	1A	518	11,3	—
	310 Turbo	1A	507	11,3	—
	Golden Eagle 421 C	1A	708	12,5	—
	Titan 404	1A	721	14,1	—
	Piper	PA28-161	1A	494 ²	10,7
PA28-181		1A	490 ²	10,8	3,2
PA28R-201		1A	487 ²	10,8	3,4
PA32R-301		1A	539 ²	11,0	3,5
PA32R-301T		1A	756 ²	11,0	3,5
PA34-220T		1A	520 ²	11,9	3,5
PA44-180		1A	671 ²	11,8	3,2
PA46-350P		1A	637 ²	13,1	3,9
Raytheon/Beechcraft	A24R	1A	603	10,0	3,9
	A36	1A	670	10,2	2,9

<i>Fabricante</i>	<i>Modelo</i>	<i>Clave</i>	<i>Longitud de campo de referencia del avión (m)</i>	<i>Envergadura (m)</i>	<i>Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal (m)</i>
	76	1A	430	11,6	3,3
	B55	1A	457	11,5	2,9
	B60	1A	793	12,0	3,4
	B100	1A	579	14,0	4,3
Cessna	525	1B	939	14,3	4,1
DeHavilland Canada	DHC3	1B	497	17,7	3,7
	DHC6	1B	695	19,8	4,1
LET	L410 UPV	1B	740	19,5	4,0
Pilatus	PC-12	1B	452	16,2	4,5
Raytheon/Beechcraft	E18S	1B	753	15,0	3,9
	B80	1B	427	15,3	4,3
	C90	1B	488	15,3	4,3
	200	1B	579	16,6	5,6
Short	SC7-3/SC7-3A	1B	616	19,8	4,6
DeHavilland Canada	DHC7	1C	689	28,4	7,8
Lear Jet	24F	2A	1 005	10,9	2,5
	28/29	2A	912	13,4	2,5
LET	L410 UPV-E	2B	920	20,0 ¹	4,0
	L410 UPV-E9	2B	952	20,0 ¹	4,0
	L410 UPV-E20	2B	1 050	20,0 ¹	4,0
	L420	2B	920	20,0 ¹	4,0
Shorts	SD3-30	2B	1 106	22,8	4,6
Dassault Aviation	Falcon 10	3A	1 615	13,1	3,0
Hawker Siddley	HS 125-400	3A	1 646	14,3	3,3
	HS 125-600	3A	1 646	14,3	3,3
	HS 125-700	3A	1 768	14,3	3,3
Lear Jet	24D	3A	1 200	10,9	2,5
	35A/36A	3A	1 287/1 458	12,0	2,5
	54	3A	1 217	13,4	2,5
	55	3A	1 292	13,4	2,5

<i>Fabricante</i>	<i>Modelo</i>	<i>Clave</i>	<i>Longitud de campo de referencia del avión (m)</i>	<i>Envergadura (m)</i>	<i>Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal (m)</i>
Bombardier Aero.	CRJ 100	3B	1 470	21,2	4,0
	CRJ 100ER	3B	1 720	21,2	4,0
	CRJ 200	3B	1 440	21,2	4,0
	CRJ 200ER	3B	1 700	21,2	4,0
Dassault Aviation	Falcon 20	3B	1 463	16,3	3,7
	Falcon 200	3B	1 700	16,3	3,5
	F50/F50EX	3B	1 586	18,9	4,5
	Falcon 900	3B	1 504	19,3	4,6
	Falcon 900EX	3B	1 590	19,3	4,6
	F2000	3B	1 658	19,3	5,0
Embraer	EMB-135 LR	3B	1 745	20,0	4,1
Fokker	F28-1000	3B	1 646	23,6	5,8
	F28-2000	3B	1 646	23,6	5,8
I.A.I.	SPX	3B	1 644	16,6	—
	Galaxy	3B	1 798	17,7	—
Gulfstream Aero.	G IV-SP	3B	1 661	23,7	4,8
Nord	262	3B	1 260	21,9	3,4
Antonov	AN24	3C	1 600	29,2	8,8
Boeing	B717-200	3C	1 670	28,4	5,4
	B737-600	3C	1 690	34,3	7,0
	B737-700	3C	1 598	34,3	7,0
Convair	240	3C	1 301	28,0	8,4
	440	3C	1 564	32,1	8,6
	580	3C	1 341	32,1	8,6
	600	3C	1 378	28,0	8,4
	640	3C	1 570	32,1	8,6
Douglas	DC3	3C	1 204	28,8	5,8
	DC4	3C	1 542	35,8	8,5
	DC6A/6B	3C	1 375	35,8	8,5
	DC9-20	3C	1 551	28,5	6,0
Embraer	EMB-120 ER	3C	1 481	19,8	6,6
Fokker	F27-500	3C	1 670	29,0	7,9
	F27-600	3C	1 670	29,0	7,9

<i>Fabricante</i>	<i>Modelo</i>	<i>Clave</i>	<i>Longitud de campo de referencia del avión (m)</i>	<i>Envergadura (m)</i>	<i>Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal (m)</i>
	F28-3000	3C	1 640	25,1	5,8
	F28-4000	3C	1 640	25,1	5,8
	F28-6000	3C	1 400	25,1	5,8
	F50	3C	1 355	29,0	8,0
McDonnell Douglas	MD90	3C	1 798	32,9	6,2
SAAB	340A	3C	1 220	21,4	7,3
	340B	3C	1 220	22,8 ³	7,3
	SAAB 2000	3C	1 340	24,8	8,9
BAe	ATP	3D	1 540	30,6	9,3
DeHavilland Canada	DHC5D	3D	1 471	29,3	10,2
Airbus	A300 B2	3D	1 676	44,8	10,9
Bombardier Aero.	CRJ 100LR	4B	1 880	21,2	4,0
	CRJ 200LR	4B	1 850	21,2	4,0
Dassault Aviation	Falcon 20-5 (Retrofit)	4B	1 859	16,3	3,7
Embraer	EMB-145 LR	4B	2 269	20,0	4,1
Airbus	A320-200	4C	2 480	33,9	8,7
BAC	1-11-200	4C	1 884	27,0	5,2
	1-11-300	4C	2 484	27,0	5,2
	1-11-400	4C	2 420	27,0	5,2
	1-11-475	4C	2 286	28,5	5,4
	1-11-500	4C	2 408	28,5	5,2
Boeing	B727-100	4C	2 502	32,9	6,9
	B727-200	4C	3 176	32,9	6,9
	B737-100	4C	2 499	28,4	6,4
	B737-200	4C	2 295	28,4	6,4
	B737-300	4C	2 160	28,9	6,4
	B737-400	4C	2 550	28,9	6,4
	B737-500	4C	2 470	28,9	6,4
	B737-800	4C	2 090	34,3	7,0
	B737-900	4C	2 240	34,3	7,0
Fokker	F100	4C	1 840	28,1	6,0
Gulfstream Aero	G V	4C	1 863	28,5	5,1

<i>Fabricante</i>	<i>Modelo</i>	<i>Clave</i>	<i>Longitud de campo de referencia del avión (m)</i>	<i>Envergadura (m)</i>	<i>Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal (m)</i>
Douglas	DC9-10	4C	1 975	27,2	5,9
	DC9-15	4C	1 990	27,3	6,0
	DC9-20	4C	1 560	28,4	6,0
	DC9-30	4C	2 134	28,5	5,9
	DC9-40	4C	2 091	28,5	5,9
	DC9-50	4C	2 451	28,5	5,9
McDonnell Douglas	MD81	4C	2 290	32,9	6,2
	MD82	4C	2 280	32,9	6,2
	MD83	4C	2 470	32,9	6,2
	MD87	4C	2 260	32,9	6,2
	MD88	4C	2 470	32,9	6,2
Airbus	A300 B4	4D	2 605	44,8	10,9
	A300-600	4D	2 332	44,8	10,9
	A310	4D	1 845	44,8	10,9
Boeing	B707-300	4D	3 088	44,4	7,9
	B707-400	4D	3 277	44,4	7,9
	B720	4D	1 981	39,9	7,5
	B757-200	4D	1 980	38,1	8,6
	B757-300	4D	2 400	38,1	8,6
	B767-200	4D	1 981	47,6	10,8
	B767-300ER	4D	2 540	47,6	10,9
	B767-400ER	4D	3 130	51,9	10,8
	Canadair	CL44D-4	4D	2 240	43,4
Ilyushin	18V	4D	1 980	37,4	9,9
	62M	4D	3 280	43,2	8,0
Lockheed	L100-20	4D	1 829	40,8	4,9
	L100-30	4D	1 829	40,4	4,9
	L188	4D	2 066	30,2	10,5
	L1011-1	4D	2 426	47,3	12,8
	L1011-100/200	4D	2 469	47,3	12,8
Douglas	L1011-500	4D	2 844	47,3	12,8
	DC8-61	4D	3 048	43,4	7,5
	DC8-62	4D	3 100	45,2	7,6

<i>Fabricante</i>	<i>Modelo</i>	<i>Clave</i>	<i>Longitud de campo de referencia del avión (m)</i>	<i>Envergadura (m)</i>	<i>Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal (m)</i>
	DC8-63	4D	3 179	45,2	7,6
	DC8-71	4D	2 770	43,4	7,5
	DC8-72	4D	2 980	45,2	7,6
	DC8-73	4D	3 050	45,2	7,6
McDonnell Douglas	DC10-10	4D	3 200	47,4	12,6
	DC10-30	4D	3 170	50,4	12,6
	DC10-40	4D	3 124	50,4	12,6
Tupolev	TU134A	4D	2 400	29,0	10,3
	TU154	4D	2 160	37,6	12,4
Boeing	B747-100	4E	3 060	59,6	12,4
	B747-200	4E	3 150	59,6	12,4
	B747-300	4E	3 292	59,6	12,4
	B747-400	4E	2 890	64,9 ⁴	12,6
	B747-SR	4E	1 860	59,6	12,4
	B747-SP	4E	2 710	59,6	12,4
	B777-200	4E	2 390	61,0	12,9
	B777-200ER	4E	3 110	61,0	12,9
	B777-300	4E	3 140	60,9	12,9
	B777-300ER	4E	3 120	64,8	12,9
McDonnell Douglas	MD11	4E	3 130	52,0 ⁴	12,6
Airbus	A380	4F	3 350	79,8	14,3

1. Con los tanques de extremo de ala instalados.
2. Sobre un obstáculo de 15 m.
3. Con los extremos de ala extendidos.
4. Con planos verticales en los extremos de ala.