



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**ELABORACIÓN Y ANÁLISIS DE SUPERFICIE LIMITADORA DE  
OBSTÁCULOS DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL LA AURORA**

**Ivan de Jesús Figueroa Sarceño**

Asesorado por el MSc. Ing. José Ramón López López

Guatemala, septiembre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ELABORACIÓN Y ANÁLISIS DE SUPERFICIE LIMITADORA DE  
OBSTÁCULOS DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL LA AURORA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**IVAN DE JESÚS FIGUEROA SARCEÑO**

ASESORADO POR EL ING. JOSÉ RAMÓN LÓPEZ LÓPEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
EXAMINADOR	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
EXAMINADOR	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. María del Mar Girón Cordón
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **ELABORACIÓN Y ANÁLISIS DE SUPERFICIE LIMITADORA DE OBSTÁCULOS DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL LA AURORA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil con fecha 29 de octubre de 2014.

**Ivan de Jesús Figueroa Sarceño**

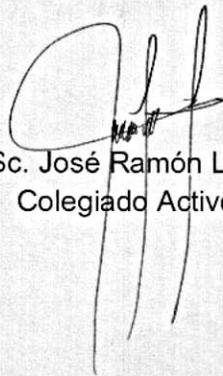
Guatemala 12 de mayo de 2016

Ingeniero  
Guillermo Francisco Melini Salguero  
Coordinador del Área de Planeamiento  
Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Cordialmente me dirijo a usted, para informarle que he revisado el trabajo de graduación:  
**"ELABORACIÓN Y ANÁLISIS DE SUPERFICIE LIMITADORA DE OBSTÁCULOS DEL  
AEROPUERTO INTERNACIONAL LA AURORA"** desarrollado por el estudiante **Ivan de  
Jesús Figueroa Sarceño** con carné **97-13680**.

Considero que este trabajo ha sido desarrollado satisfactoriamente.

Respetuosamente,



MSc. José Ramón López López  
Colegiado Activo 11593





**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,  
03 de agosto de 2016

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **ELABORACIÓN Y ANÁLISIS DE SUPERFICIE LIMITADORA DE OBSTÁCULOS DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL LA AURORA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Ivan de Jesús Figueroa Sarceño, quien contó con la asesoría del Msc. Ing. José Ramón López López.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la ingeniería nacional y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

*Guillermo Melini*

Ing. civil, Guillermo Francisco Melini Salguero  
Jefe Del Departamento de Planeamiento



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
PLANEAMIENTO  
USAC

/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





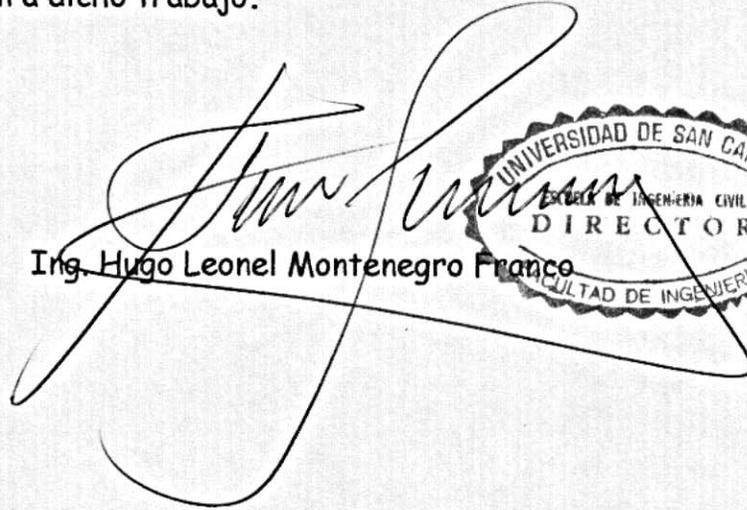
**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Msc. Ing. José Ramón López López y del Coordinador del Departamento de Planeamiento Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero, al trabajo de graduación del estudiante Iván de Jesús Figueroa Sarceño, titulado **ELABORACIÓN Y ANÁLISIS DE SUPERFICIE LIMITADORA DE OBSTÁCULOS DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL LA AURORA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, septiembre 2016  
/mrrm.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua

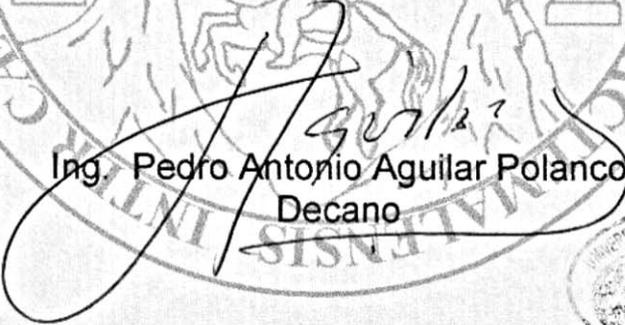




Ref.DTG.D.409.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **ELABORACIÓN Y ANÁLISIS DE SUPERFICIE LIMITADORA DE OBSTÁCULOS DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL LA AURORA**, presentado por el estudiante universitario: **Iván de Jesús Figueroa Sarceño**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano



Guatemala, septiembre de 2016

/cc

## **ACTO QUE DEDICO:**

<b>Mi madre</b>	Rosalina Sarceño (q. e. p. d.), por ser la fuente de ánimo que me hizo culminar este tan ansiado logro.
<b>Mi esposa</b>	Iris Celada de Figueroa por su apoyo.
<b>Mis hijos</b>	Ivan e Iker Figueroa, por ser dos ángeles en mi vida.
<b>Ing. José López</b>	Por su ayuda desinteresada, en la elaboración y desarrollo en mi trabajo de graduación.
<b>Compañeros de trabajo</b>	Ingrid Madrid y Ana Claudia Aldecoa, por su ayuda incondicional en todo momento.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de  
San Carlos de Guatemala**

Por haberme brindado la oportunidad de formar parte de esta casa de estudios tan privilegiada.

**Facultad de Ingeniería**

Por haberme proporcionado los conocimientos necesarios para desempeñarme como profesional, en el ámbito de la ingeniería civil.

**Mis amigos de  
la Facultad**

Por ser parte fundamental en el alcance de este objetivo en mi vida.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN .....	XV
OBJETIVOS .....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	XIX
1. ANTECEDENTES GENERALES .....	1
1.1. Descripción de la institución .....	1
1.1.1. Historia .....	1
1.1.2. Ubicación .....	2
1.1.3. Misión .....	3
1.1.4. Visión .....	3
1.1.5. Estructura y organización .....	3
1.1.6. Aplicación y requisitos de los datos .....	4
2. DESCRIPCIÓN DE LOS OBSTÁCULOS .....	9
2.1. Tipos de obstáculos .....	9
2.1.1. Obstáculos naturales .....	9
2.1.2. Obstáculos artificiales .....	10
2.2. Modelos digitales de terreno (DEM) .....	11
2.3. Modelo de datos .....	12
2.4. Sistema de georreferenciación .....	12
2.4.1. Sistema de georreferenciación horizontal .....	13
2.4.2. Sistema de georreferenciación vertical .....	15

2.5.	Disposición de datos aeronáuticos utilizados en la web.....	16
2.5.1.	Catálogo de servicio (CS).....	16
2.5.2.	Servicio de características web (WFS).....	17
2.5.3.	Servicio de mapas web (WMS) .....	17
2.5.4.	Servicio de cobertura web (WCS) .....	18
3.	PROCESOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y ASPECTOS INSTITUCIONALES.....	19
3.1.	Acciones para la implementación del proceso de gestión de obstáculos .....	19
3.1.1.	Identificación de los proveedores de datos aeronáuticos (obstáculos) .....	19
3.1.2.	Regulaciones o requisitos emanados por la DGAC .....	20
3.1.3.	Tratamiento de los datos aeronáuticos (obstáculos).....	20
3.2.	Bitácora (lista de chequeo).....	22
3.3.	Matriz del tratamiento de los datos aeronáuticos .....	23
3.4.	Responsabilidad legal .....	24
3.5.	Normativa relacionada .....	24
4.	PROCESAMIENTO DE DATOS .....	29
4.1.	Parámetros para el diseño .....	29
4.2.	Clave de referencia .....	29
4.3.	Requisitos de limitación de obstáculos.....	30
4.4.	Condiciones para limitar la altura máxima de los obstáculos ...	37
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	43
5.1.	Análisis de resultados por superficie .....	43

5.1.1.	Superficie cónica .....	44
5.1.2.	Superficie horizontal interna .....	47
5.1.3.	Superficie de aproximación primera sección pista 20.....	50
5.1.4.	Superficie de aproximación segunda sección pista 20 .....	54
CONCLUSIONES .....		59
RECOMENDACIONES .....		61
BIBLIOGRAFÍA.....		63
ANEXOS.....		65



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Organigrama general DGAC .....	4
2.	Obstáculos naturales.....	10
3.	Obstáculos artificiales .....	11
4.	Modelos digitales de terreno .....	11
5.	Proyecciones de Guatemala GTM y UTM .....	13
6.	Zona UTM Guatemala .....	14
7.	Representación gráfica de diferentes superficies.....	16
8.	Lista de chequeo de seguimiento del análisis de datos aeronáuticos ....	22
9.	Matriz de tratamiento de datos aeronáuticos.....	23
10.	Superficie limitadora de obstáculos.....	40
11.	Superficies limitadoras de obstáculos del Aeropuerto Internacional La Aurora .....	41
12.	Obstáculos dentro de la superficie cónica .....	46
13.	Obstáculos superficie horizontal interna.....	49
14.	Obstáculos dentro de la superficie de aproximación primera sección de pista 20.....	53
15.	Obstáculos dentro de la superficie de aproximación segunda sección de pista 20.....	56
16.	Ubicación geográfica de las superficies limitadoras de obstáculos .....	57
17.	Obstáculos que superan los límites.....	58

## TABLAS

I.	Requisitos de calidad de los datos aeronáuticos con respecto a latitud y longitud.....	6
II.	Requisitos de calidad de los datos aeronáuticos respecto a elevación, altitud y altura .....	7
III.	Parámetros que definen la proyección Guatemala Transversa de Mercator.....	15
IV.	Base legal nacional.....	24
V.	Base legal internacional.....	24
VI.	Clave de referencia de aeródromo.....	30
VII.	Dimensiones y pendientes de las superficies limitadoras de obstáculos para pistas de aproximación .....	36
VIII.	Dimensiones y pendientes de las superficies limitadoras de obstáculos para pistas de despegue.....	37
IX.	Obstáculos no afectantes .....	44
X.	Obstáculos dentro de la superficie cónica .....	44
XI.	Resultados del análisis de obstáculos dentro de la superficie cónica...	45
XII.	Resultados del análisis de obstáculos dentro de la superficie horizontal interna .....	47
XIII.	Obstáculos dentro de la superficie de aproximación primera sección de pista 20 .....	50
XIV.	Resultados del análisis de obstáculos dentro de la superficie de aproximación primera sección de pista 20.....	51
XV.	Obstáculos dentro de la superficie de aproximación segunda sección de pista 20 .....	54
XVI.	Resultados del análisis de obstáculos dentro de la superficie de aproximación segunda sección de pista 20 .....	55

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>km</b>	Kilómetros
<b>m</b>	Metro
<b>msnm</b>	Metros sobre el nivel del mar
<b>N</b>	<i>North</i> /Latitud Norte
<b>%</b>	Porcentaje
<b>W</b>	<i>West</i> /Longitud oeste



## GLOSARIO

<b>Aeródromo</b>	Área definida de tierra o de agua (que incluye todas sus edificaciones, instalaciones y equipos). Está destinada total o parcialmente a la llegada, salida y movimiento en superficie de aeronaves.
<b>Aeropuerto internacional</b>	Todo aeropuerto designado por el Estado contratante en cuyo territorio está situado. Funge como puerto de entrada o salida para el tráfico aéreo internacional, donde se llevan a cabo los trámites de aunadas, inmigración, sanidad pública, reglamentación veterinaria y fitosanitaria, y procedimientos similares
<b>AIC</b>	Aeronautical Information Circular / Circulares de Información Aeronáutica.
<b>AIP</b>	Aeronautical Information publication / Publicaciones de Información Aeronáutica.
<b>Altitud</b>	Distancia vertical entre un nivel, punto u objeto considerado como punto, y el nivel medio del mar (MSL).
<b>Altura elipsoidal</b>	La altura relativa al elipsoide de referencia. Es medida a lo largo de la normal elipsoidal exterior por el punto en cuestión.

<b>CIV</b>	Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda.
<b>Coguanor</b>	Comisión Guatemalteca de Normas.
<b>CS</b>	Catálogo de Servicios.
<b>DGAC</b>	Dirección General de Aeronáutica Civil.
<b>Elevación</b>	Distancia vertical entre un punto o un nivel de la superficie de la tierra, o unido a ella, y el nivel medio del mar.
<b>Envergadura</b>	El ancho de una aeronave de un extremo a otro de las alas.
<b>Geoide</b>	Superficie equipotencial en el campo de gravedad de la tierra. Este coincide con el nivel medio del mar (MSL) en calma y su prolongación continental.
<b>Georreferenciación</b>	Es la técnica de posicionamiento espacial de una entidad en una localización geográfica única y bien definida en un sistema de coordenadas y <i>datúm</i> específicos.
<b>GIS/SIG</b>	Geographic Information System / Sistema de Información Geográfica.
<b>GTM</b>	Guatemala Transversa de Mercator.

<b>IATA</b>	<i>International</i> Air Transport Association / Asociación Internacional de Transporte aéreo.
<b>IGN</b>	Instituto Geográfico Nacional.
<b>ITRS/ETRS</b>	Sistema de referencia terrestre Internacional/europeo.
<b>KML</b>	Proviene del acrónimo en inglés <i>Keyhole Markup Language</i> . Es un lenguaje de marcado basado en XML para representar datos geográficos en tres dimensiones.
<b>Latitud</b>	Es la distancia angular entre la línea ecuatorial (el ecuador), y un punto determinado de la tierra. Es una medida a lo largo del meridiano en el que se encuentra dicho punto.
<b>Longitud</b>	Expresa la distancia angular entre un punto dado de la superficie terrestre y el meridiano que se tome como 0 (es decir el meridiano de base). Es una medida a lo largo del paralelo en el que se encuentra dicho punto. Una circunferencia cuyo centro es la intersección del eje de la tierra con el plano del citado paralelo.
<b>MSL</b>	<i>Medium sea level</i> / nivel medio del mar.
<b>MSNM</b>	Metros sobre el nivel del mar.

<b>Norte magnético</b>	Es la dirección que señala la aguja imantada de una brújula, la del polo norte magnético, dirección que no coincide con la del Polo norte geográfico.
<b>Notam</b>	<i>Notice to airmen/ noticia para el hombre que vuela.</i>
<b>OACI</b>	Organización de Aviación Civil internacional.
<b>Obstáculo</b>	Objeto natural o artificial (tanto de carácter permanente o temporal), móvil o parte del mismo que afectan a la navegación aérea.
<b>OGC</b>	Consortio Geoespacial abierto.
<b>Ondulación geoidal</b>	La distancia del geoide por encima (positiva) o por debajo (negativa) del elipsoide matemático de referencia.
<b>Ortofoto</b>	Es una fotografía aérea geométricamente corregida (orto rectificadas) de modo que la escala es uniforme: la foto tiene la misma falta de distorsión como un mapa.
<b>Pista</b>	Área rectangular definida en un aeródromo terrestre preparada para el aterrizaje y el despegue de las aeronaves.

<b>Proyección</b>	Provocar el reflejo de una imagen ampliada en una superficie, lograr que la figura de un objeto se vuelva visible sobre otro.
<b>RAC</b>	Regulaciones de Aviación Civil.
<b><i>Shapefile</i></b>	Es un formato de archivo informático propietario de datos espaciales desarrollado por la compañía ESRI. Quien crea y comercializa software para Sistemas de Información Geográfica como Arc/Info o ArcGIS.
<b>Umbral</b>	Comienzo de la parte de pista utilizable para el aterrizaje.
<b>UTM</b>	Universal Transversal Mercator.
<b>WCS</b>	Servicio de cobertura web.
<b>WFS</b>	Servicio de características web.
<b>WGS84</b>	World Geogetic System 84.
<b>WMS</b>	Servicio de cobertura web.



## RESUMEN

Este trabajo de graduación presenta las diferentes superficies limitadoras de obstáculos, basadas en la infraestructura actual del Aeropuerto Internacional La Aurora. Este surge de la necesidad de una inexistente forma definida y práctica para la regulación de estructuras a construirse en los alrededores del mismo aeropuerto. Los mismo constituyen un peligro latente para el desarrollo libre de la navegación aérea en Guatemala.

El diseño de las superficies limitadoras de obstáculos está basado en los requisitos y normas establecidas en los diferentes anexos de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). Estos permitieron la elaboración de una herramienta para facilitar el análisis de los datos recolectados que se denominaron como obstáculos.

Con la implementación de la herramienta se podrá facilitar el geoposicionamiento posicionamiento de las nuevas construcciones. Esto para que no sobrepasen los límites establecidos en cada una de las diferentes superficies.

Se presentan imágenes del resultado del análisis llevado a cabo en los programas de sistema de información geográfica ArcGIS. Además de un análisis completo de los obstáculos que sobrepasan los límites y los que no.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Analizar los obstáculos existentes y construir de forma adecuada la superficie limitadora de obstáculos adyacente al Aeropuerto Internacional La Aurora.

### **Específicos**

1. Indagar los distintos obstáculos actualmente existentes alrededor de la misma.
2. Desarrollar levantamiento de datos topográficos de obstáculos, en distintas áreas no trabajadas aún, con el apoyo de la Dirección General de Aeronáutica Civil.
3. Crear una forma útil y práctica, para determinar la limitación que debiese tener cualquier construcción de nuevas zonas urbanas<sup>1</sup> dentro de la superficie libre de obstáculos del aeropuerto.
4. Brindarle a la dependencia la información analizada para que se le dé un seguimiento adecuado.



## INTRODUCCIÓN

Un aeródromo o aeropuerto es una terminal en la cual dan inicio y finalización las actividades aéreas. Las funciones primordiales de los mismos son: el despegue y aterrizaje de aeronaves, transporte de pasajeros y carga, puntos de reabastecimiento de combustible y mantenimiento de aeronaves. Así como estacionamiento para aeronaves que no están operativas.

Para que se ejecuten, estas funciones con una mayor precisión y seguridad en los aeropuertos o aeródromos, surge la necesidad de análisis de la información cartográfica. Se determinan los obstáculos que interfieren en las distintas fases del vuelo (aproximación, despegue y transición). Por ello, dicha información ha de adecuarse a estas fases. Como resultados de estos análisis surgen las cartas o planos que representan las distintas superficies de protección y que varían en cuanto a la información que contienen, la forma de presentarla, la zona de superficie que representan, la escala, y otras.

Los planos que delimitan las zonas libres de obstáculos, alrededor del aeropuerto, proporcionarán la información necesaria para la restricción que debería de tener cualquier edificación, obstáculo natural o artificial que penetre la misma verticalmente. El objetivo de la limitación de las mismas es garantizar que en caso de fallo de motor durante el despegue pueda abortarse la operación dentro del área prevista para tales emergencias.



# 1. ANTECEDENTES GENERALES

## 1.1. Descripción de la institución

La Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) es la encargada y responsable de ejecutar la política aeronáutica de la República de Guatemala (Aeropuerto Internacional La Aurora, Aeropuerto Internacional Mundo Maya y aeródromos nacionales). De acuerdo a la Ley de Aviación Civil, su Reglamento, Regulaciones de Aviación Civil (RAC's) y disposiciones complementarias, toman en cuenta las normas y métodos recomendados por la Organización Internacional de Aviación Civil (OACI). Si como de proporcionar los servicios aeroportuarios y aeronáuticos en condiciones regularidad, seguridad y eficiencia.

### 1.1.1. Historia

A mediados del siglo XIX el guatemalteco Mariano de la Luz Morales, diseñó una máquina aérea. Escribió un folleto titulado teoría sobre una máquina aerostática, en 1854. Don Mariano solicitó la colaboración al gobierno de Francia, por ser este país uno de los pioneros de la aviación, desconociéndose hasta la fecha los resultados de la misma.

Con el pasar de los años y el constante interés sobre este tema varios personajes de la historia en Guatemala realizaron aportes importantes dentro de los que se puede mencionar el 30 de enero de 1848, don José María Flores, trabajó en la construcción de un globo, que al terminarlo, fue probado y ascendiendo en él, inflado con aire caliente lastimosamente ese día se consumió en llamas.<sup>1</sup>

El 11 de septiembre de 1929, durante el gobierno del General Lázaro Chacón, se creó la Dirección General de Aeronáutica Civil, como una dependencia del Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas, por medio del

---

<sup>1</sup> Aeronáutica Civil. *Folleto de Breve Historia de la Aviación*. p. 45.

<sup>2</sup> Aeronáutica Civil. *Folleto de Breve Historia de la Aviación*, Ed. p. 56-58.

decreto gubernativo 1,032, ese mismo año se inician los vuelos regulares, autorizando a la compañía *Pickwick Airways inc.*, para realizar estas operaciones entre Guatemala, México y Estados Unidos. Realizaban tres vuelos semanales, transportando pasajeros y correo. Posteriormente el servicio, se extendió a otros países.

A medida de que las necesidades aeroportuarias crecieron, dieron paso a la construcción del Aeropuerto La Aurora, cuyas primeras actividades datan del año 1923, desplazando de esta manera al Campo de Marte, que fue la sede de Los primeros experimentos que se llevaron a cabo en este país. En ese entonces el Aeropuerto La Aurora estaba construido con una pista de grama, la cual no era suficiente para satisfacer las necesidades de esa época. Sin embargo las necesidades de la Segunda Guerra Mundial, ayudaron al asentamiento de una base aérea en la finca La Aurora y las necesidades de construirla con pavimento para permitir la operación de naves aéreas basadas en el país, habiéndose construido en 1942 la primera pista pavimentada con una longitud de 2000 metros.

En 1959 esta pista se extiende en 500 metros por cada extremo. El primer avión jet comercial que aterriza en la Aurora fue un DC-8 de Panavías en 1959.

El 30 de junio de 1966, se concluyó los trabajos de construcción de la nueva terminal aérea de pasajeros con un área de 77,200 metros cuadrados, finalizándose los trabajos del edificio en el año de 1968.

En el año de 1948 se promulgó la primera Ley de Aviación Civil de Guatemala, la cual se sustituye por una nueva ley a partir del 7 de diciembre de 1997 y posteriormente con fecha 3 de marzo del año 2001 entra en vigor la Ley actual, contenida en el Decreto 93- 2000 del Congreso de la República<sup>2</sup>.

### **1.1.2. Ubicación**

El Aeropuerto Internacional La Aurora (código IATA: GUA, código OACI: MGGT) presta el servicio a la ciudad de Guatemala, en la 9a avenida 14-75 zona 13. El aeropuerto está administrado por la Dirección General de Aeronáutica Civil, entidad del Estado de Guatemala. Este es el principal aeropuerto del país, seguido por el Aeropuerto Internacional Mundo Maya cerca de Flores, Petén.

---

<sup>2</sup> Aeronáutica Civil. *Folleto de Breve Historia de la Aviación*, Ed. p. 56-58.

### **1.1.3. Misión**

Es establecida por la autoridad aeronáutica indica que la DGAC es la institución responsable de:

“Normar, Administrar, Fortalecer, Facilitar y Vigilar la prestación de los servicios aeroportuarios, de navegación y transporte aéreo, conforme a la legislación vigente y acuerdos internacionales ratificados por el Estado de Guatemala”<sup>3</sup>.

### **1.1.4. Visión**

Es parte de la DGAC y es establecida por la autoridad aeronáutica es la siguiente:

“Ser líder regional en la Administración, Facilitación y Vigilancia de los servicios aeroportuarios, de navegación y transporte aéreo, elevando los estándares de calidad para seguridad de los usuarios nacionales e internacionales”<sup>3</sup>.

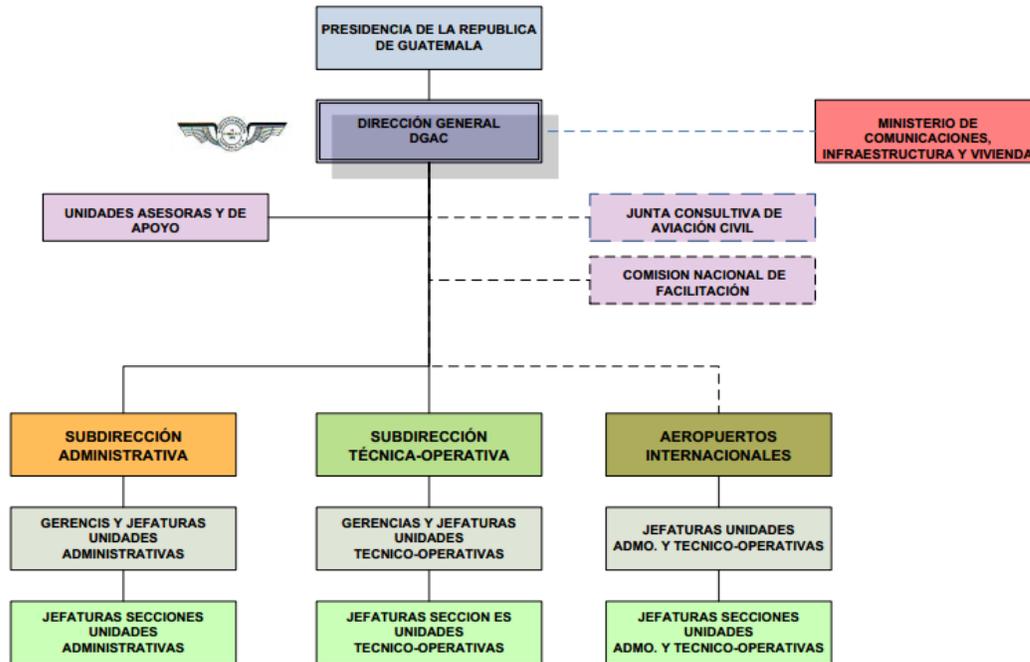
### **1.1.5. Estructura y organización**

DGAC, es una entidad con dependencia directa de la Presidencia de la República. Coordina sus actividades con el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda (MICIVI) y su estructura refleja su misión y visión.

---

<sup>3</sup> DGAC. <http://www.dgac.gob.gt/index.php/sobre-dgac/filosofia-institucional>. Consulta: noviembre de 2014.

Figura 1. Organigrama general DGAC



Fuente: *Manual de Funciones y Responsabilidades DGAC.*

### 1.1.6. Aplicación y requisitos de los datos

- Aplicación

La obtención de los datos aeronáuticos que son necesarios para la óptima aplicación de las medidas de seguridad de la Aviación Civil Internacional. Estos se integran en el diseño y la construcción de nuevas instalaciones, así como las reformas de las instalaciones existentes en los alrededores de los aeródromos.

- Requisitos de los datos: estos deberán cumplir con exactitud, resolución e integridad.
  - Exactitud: grado de conformidad entre el valor estimado o medido y el valor real. La exactitud se expresa normalmente en términos de valores de distancia respecto a una posición ya determinada. Dentro de los cuales se situará la posición verdadera con un nivel de probabilidad.
  - Resolución: número de unidades o de dígitos con los que se expresa y se emplea un valor medido o calculado.
  - Integridad: “grado de garantía de que no se ha perdido ni alterado ninguna de las referencias aeronáuticas ni sus valores después de la obtención original de las referencias o de una enmienda autorizada.”<sup>4</sup>

En el diseño de un área limitadora de obstáculos, los datos que deben figurar en la misma. Cumplirán con las especificaciones descritas en anexos de la OACI, como se describe en la siguiente tabla.

---

<sup>4</sup> Servicios de información aeronáutica. OACI julio 2010 abreviaturas.

Tabla I. **Requisitos de calidad de los datos aeronáuticos con respecto a latitud y longitud**

Latitud y Longitud	Exactitud y tipo de datos	Clasificación de datos ( de acuerdo con su integridad)
Punto de referencia del aeródromo	30 m levantamiento topográfico/calculado	Ordinaria
Ayudas para la navegación situadas en el aeródromo	3m levantamiento topográfico	esencial
Obstáculos en el Área 3	0,5 m levantamiento topográfico	esencial
Obstáculos en el Área 2 (la parte que está dentro de los límites del aeródromo)	5 m levantamiento topográfico	esencial
Umbral de la pista	1 m levantamiento topográfico	crítica
Extremo de pista ( punto de alineación de la trayectoria de vuelo)	1 m levantamiento topográfico	crítica
Puntos de eje de pista	1 m levantamiento topográfico	crítica
Punto de espera de la pista	0,5 m levantamiento topográfico	crítica
Puntos de eje de calle de rodaje/línea de guía de estacionamiento	0,5 m levantamiento topográfico	esencial
Línea de señal de intersección de calle de rodaje	0,5 m levantamiento topográfico	esencial
Línea de guía de salida	0,5 m levantamiento topográfico	esencial
Límites de la plataforma ( polígono)	1 m levantamiento topográfico	ordinaria
Instalación deshielo/anti hielo (polígono)	1 m levantamiento topográfico	ordinaria
Puntos de los puestos de estacionamiento de aeronave/puntos de verificación del INS	0,5 m levantamiento topográfico	ordinaria

Fuente: OACI. *Aeródromo volumen I*. p. 89.

Los datos relacionados a obstáculos, que se encuentran dentro de las superficies limitadoras de obstáculos, deberán de cumplir los requisitos de latitud y longitud descritos en la tabla I, todos estos ubicados en el área 2, (ver anexo 6), descritos en el Anexo 15 de OACI, donde especifica los límites de la misma con un radio de 10 km. “Desde el centro de la pista, en este caso del Aeropuerto Internacional La Aurora, su exactitud debe de ser de 5 m y su clasificación respecto a su integridad es esencial.”<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Servicios de información aeronáutica. *OACI requisitos de calidad de los datos aeronáuticos, tabla a 7-1 latitud y longitud anexo 15 de OACI.*

Tabla II. **Requisitos de calidad de los datos aeronáuticos respecto a elevación, altitud y altura**

Elevación/altitud/altura	Exactitud y tipo de datos	Clasificación de datos ( de acuerdo con su integridad)
Elevación/altitud/altura	0,5 m levantamiento topográfico	esencial
Ondulación geoidal del WGS84 en la posición de la elevación del aeródromo	0,5 m levantamiento topográfico	esencial
Umbral de la pista, para aproximaciones que no sean de precisión	0,5 m levantamiento topográfico	esencial
Ondulación geoidal del WGS84 en el umbral de la pista para aproximaciones que no sean de precisión	0,5 m levantamiento topográfico	esencial
Umbral de la pista, aproximaciones de precisión	0,25 m levantamiento topográfico	critica
Ondulación geoidal del WGS84 en el umbral de la pista para aproximaciones de precisión	0,25 m levantamiento topográfico	critica
Puntos de eje de pista	0,25 m levantamiento topográfico	critica
Puntos de eje de calle de rodaje/línea de guía de estacionamiento	1 m levantamiento topográfico	esencial
Obstáculos en el Área 2 (la parte que está dentro de los límites del aeródromo)	3 m levantamiento topográfico	esencial
Obstáculos en el Área 3	0,5 m levantamiento topográfico	esencial
Equipo radio telemétrico/precisión (DME/P)	3 m levantamiento topográfico	esencial

Fuente: OACI. *Aeródromo volumen I*. p. 89.

“Referente en lo que concierne a la elevación, altura o altitud; los datos de obstáculos deberán de cumplir con los descrito en la tabla II. Se toman en cuenta que los obstáculos analizados, en este trabajo de graduación, se encuentran ubicados en el área 2 (ver anexo 6) y respecto a su integridad continua siendo esencial.”<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Servicios de información aeronáutica. OACI julio 2010. *Requisitos de calidad de los datos aeronáuticos, tabla a 7-2 elevación/altitud/altura*. p. 95.



## **2. DESCRIPCIÓN DE LOS OBSTÁCULOS**

Según anexo 15 servicios de información aeronáutica, OACI julio 2010 abreviaturas, los obstáculos pueden ser definidos como todo objeto fijo natural o artificial. Es decir tanto de carácter temporal o permanente, móvil o parte del mismo. Estos deben cumplir con lo siguiente:

- Este situado en un área destinada al movimiento de las aeronaves en tierra, como calles de rodaje, rampas de estacionamiento, intersecciones y otros.
- Sobresalga de una superficie definida destinada a proteger a las aeronaves en vuelo, superficies limitadoras de obstáculos de aproximación o despegue.
- Quede fuera de la superficie definida y se haya evaluado como peligroso para la navegación aérea.

### **2.1. Tipos de obstáculos**

Los obstáculos que afectan a la navegación aérea se pueden clasificar de la siguiente forma.

#### **2.1.1. Obstáculos naturales**

Son todos aquellos en los cuales ha intervenido la naturaleza para su desarrollo. Estos son, como por ejemplo: árboles, elevaciones de terreno, los cuales penetran las superficies limitadoras de obstáculos. A continuación se

muestra una imagen de los árboles que se encuentran dentro de la trayectoria de aterrizaje, los cuales son considerados como obstáculos naturales.

Figura 2. **Obstáculos naturales**



Fuente: Clarión Suites Guatemala. <http://clarionsuitesguatemala.blogspot.com/2014/05/las-suites-en-hotel-clarion-suites.html>. Consulta: octubre de 2014.

### **2.1.2. Obstáculos artificiales**

Son aquellos que permanecen en determinado sitio, de forma fija o móvil (de carácter temporal o permanente), estos pueden ser: postes, torres, campanarios, antenas, edificios o estructuras de gran tamaño y otros. A continuación se presenta una imagen de torres de telecomunicaciones considerados como obstáculos artificiales.

Figura 3. **Obstáculos artificiales**



Fuente: Statick. [https://c1.staticflickr.com/9/8510/8585477187\\_9cfb46e308.jpg](https://c1.staticflickr.com/9/8510/8585477187_9cfb46e308.jpg).

Consulta: octubre de 2014.

## 2.2. **Modelos digitales de terreno (DEM)**

“Estos, son una estructura de datos numéricos, que representan la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua, para cada localización, solamente una elevación puede ser almacenada.”<sup>7</sup>

Figura 4. **Modelos digitales de terreno**



Fuente: Geo conceptos. <http://geoconceptos.blogspot.com/2012/06/modelos-digitales-de-elevacion.htm>. Consulta: noviembre de 2014.

<sup>7</sup> Congreso de la república de Guatemala. *Manual de datos electrónicos de terreno y obstáculos* p. 24.

### **2.3. Modelo de datos**

Un modelo de datos espacial describe los procesos de abstracción del universo de estudio dentro de la aplicación de un esquema. El universo de estudio es la vista de un mundo hipotético o real que incluye todo lo de interés. Dicho interés puede ser diferente dependiendo de la aplicación (caso estudiado) en el cual los datos van a ser utilizados.

La abstracción abarca: la selección, generalización, simplificación y estructuración de elementos que existen en el mundo real, dentro de un dominio relevante. Por lo tanto, un esquema de aplicación es una vista específica del mundo real.

Un modelo de datos, desde el punto de vista de obstáculo y terreno, está dirigido en estas secciones: considerando los metadatos. Esto aplica a ambos, y donde se tratan.

- “Metadatos: número de características relacionadas a un conjunto real de datos, permitiendo a un usuario determinar la aptitud para el uso del conjunto de datos respecto a los requerimientos de una aplicación específica sin tener que evaluar el conjunto de datos por sí mismo”<sup>8</sup>.

### **2.4. Sistema de georreferenciación**

Un sistema de referencia o marco de referencia proporciona una definición de un sistema de coordenadas en términos de posición de un origen en el espacio, la orientación de un conjunto de ejes cartesianos y también una

---

<sup>8</sup> Congreso de la república de Guatemala. *Manual de datos electrónicos de terreno y obstáculos* p. 26.

escala, así también define un sistema de referencia espacial en el cual los puntos anclados en la superficie de la tierra tienen coordenadas.

Dentro de algunos sistemas de referencia geodésica se mencionan 1 984 (WGS-84) y sistema de referencia terrestre Internacional/europeo (ITRS/ETRS), Universal Transversal Mercator (UTM) y sistemas de referencias nacionales.

Figura 5. **Proyecciones de Guatemala GTM y UTM**



Fuente: Slideshare. <http://es.slideshare.net/josemoisesaj/sistema-de-proyeccion-gtm>.

Consulta: noviembre de 2014.

#### **2.4.1. Sistema de georreferenciación horizontal.**

Como sistema de referencia geodésica horizontal, para datos aeronáuticos, la OACI recomienda se utilice el sistema de WGS-84. Esto es un sistema de referencia global (datúm geodésico) y un elipsoide de referencia geocéntrica.

En Guatemala se utiliza la Proyección Universal Transversa de Mercator (UTM) como la proyección estándar en los mapas y sistemas de levantamiento terrestres georreferenciado. "Esta proyección divide a Guatemala en dos zonas

UTM con los consiguientes inconvenientes de traslapes y falta de continuidad de una zona a otra. Por ello se ha desarrollado la Proyección Guatemala Transversa de Mercator (GTM), la cual al ser una adaptación de la proyección UTM, modifica el origen de las coordenadas x (meridiano central) y el factor de escala en el mismo meridiano, con la finalidad de mejorar la precisión para los levantamientos topográficos, geodésicos, catastrales y toda la cartografía en general”<sup>9</sup>.

Según la Norma NTG 211001 establece ciertos parámetros para la utilización de la proyección GTM, descrita en la tabla III.

Figura 6. **Zona UTM Guatemala**



Fuente: Letra Herido.

<http://www.letraherido.com/images/imagenes%20geografo/globalcartografoll36.jp>.

Consulta: noviembre de 2014.

---

<sup>9</sup> Coguanor Ntg 211001. *Norma nacional para sistemas de proyección información geoespacial para Guatemala gtm*. Consulta: noviembre de 2014.

Tabla III. **Parámetros que definen la proyección Guatemala Transversa de Mercator**

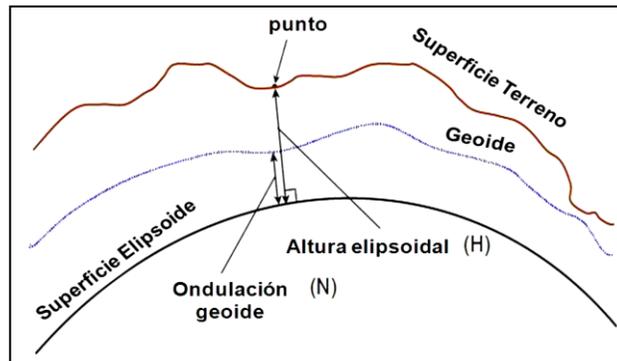
Nombre del Elemento	Entrada	Comentario
Identificador del sistema de referencia de coordenadas	GTM	
Identificador del datúm	WGS84	
Tipo de datúm	Geodésico	
Punto de anclaje del datúm	Centro de la tierra	
Identificador del elipsoide	WGS84	
Semieje mayor del elipsoide	6378137.0 m	
Forma del elipsoide	Verdadera	
Achatamiento	1/298.257223563	
Identificador del sistema de coordenadas	Mercator Transverso	
Tipo de sistema de coordenadas	Proyectadas	
Dimensión del sistema de coordenadas	2	
Nombre del eje del sistema de coordenadas	N	Estos parámetros se refieren al valor "y" de las coordenadas proyectadas
Dirección del eje del sistema de coordenadas	Norte	
Identificador de unidades del eje de sistema de coordenadas	m	
Nombre de eje del sistema de coordenadas	E	Estos parámetros se refieren al valor "x" de las coordenadas proyectadas
Dirección del eje del sistema de coordenadas		
Identificador de unidades del eje de sistema de coordenadas	m	
Numero de parámetros del método de operación de coordenadas	5	Estos Parámetros son los valores que se deben usar para definir la proyección GTM en los distintos programas de cálculo usados para la transformación.
1 nombre del parámetro de operación de coordenadas	Latitud de origen	
Valor del parámetro de operación de coordenadas	0 grados	
2 nombre del parámetro de operación de coordenadas	Longitud de origen	
Valor del parámetro de operación de coordenadas	-90.5 grados	
3 nombre del parámetro de operación de coordenadas	Factor de escala en el meridiano central	
Valor del parámetro de operación de coordenadas	0.9998	
4 nombre del parámetro de operación de coordenadas	Falso norte	
Valor del parámetro de operación de coordenadas	0 metros	
5 nombre del parámetro de operación de coordenadas	Falso este	
Valor del parámetro de operación de coordenadas	500000 metros	

Fuente: Coguanor NTG 211001.

#### 2.4.2. Sistema de georreferenciación vertical

Este sistema se puede definir como un punto, con una elevación conocida, de la cual se calculan las diferencias verticales y la superficie de referencia. El sistema de georreferencia al nivel medio del mar (MSL) en este caso será el que se utilizará por ser el recomendado por la Organización de Aviación Civil.

Figura 7. **Representación gráfica de diferentes superficies**



Fuente: Organización de Aviación Civil. *Manual de datos electrónicos de terreno y obstáculos*.

Consulta: noviembre de 2014.

## 2.5. Disposición de datos aeronáuticos utilizados en la web

En la actualidad, además de los métodos tradicionales de distribución de información aeronáutica como lo son: Las publicaciones de información aeronáutica (AIP), los avisos a los aviadores (Notam), circulares de información (AIC), existen otras formas alternativas para la disponibilidad de los datos y así se intercambian información en forma digital.

El Consorcio Geoespacial Abierto (OGC) define una serie de estándares para proporcionar soluciones geoespaciales en la web, dentro de estas se puede mencionar, el catálogo de servicios (cs); servicio de características web (wfs); servicio de mapas web (wms), servicio de cobertura web.

### 2.5.1. Catálogo de servicio (CS)

Se define interfaces comunes para descubrir, hojear y consultar metadatos acerca de datos, servicios y otros recursos potenciales.

“Con respecto a los datos de terreno y obstáculos, estos servicios pueden ser utilizados para identificar productos digitales que estén disponibles, cuál es su estatus legal (por ejemplo, son divulgados en nombre del estado) y las características de calidad asociadas con cada producto.”<sup>10</sup>

### **2.5.2. Servicio de características web (WFS)**

El estándar del servicio de características web (WFS) proporciona una interface al usuario. Aquí es donde puede hacer consultas de características geográficas a través del internet y utilizando llamadas independientes de la plataforma.

Las características pueden ser mejor descritas como la información utilizada para ubicar los símbolos en una carta o mapa.

Un WFS puede ser de utilidad para los estados en su creación y gestión de obstáculos, siendo ellos mismos los originadores de sus propios datos pueden utilizar un servicio web para reportar estos datos digitalmente, apoyándose en el aseguramiento de la calidad de esos datos.

### **2.5.3. Servicio de mapas web (WMS)**

Este es un protocolo estándar para servir imágenes de mapas georeferenciadas en internet. Estas imágenes son típicamente generadas por un servidor de mapas utilizando datos de una base de datos GIS.

---

<sup>10</sup> Organización de Aviación Civil. *Manual de datos electrónicos de terreno y obstáculos*. p. 51-52.

#### **2.5.4. Servicio de cobertura web (WCS)**

Esta proporciona una interface para consultas de coberturas geográficas a ser realizadas, a través de internet, utilizando llamadas de plataformas independientes. Las coberturas son objetos o imágenes en un área geográfica, mientras que la interface de (WMS) o los portales de mapas en línea, tales como google Maps. Solamente retorna una imagen con la cual el usuario final no puede editar ni analizar espacialmente la información.

Nota: actualmente, la DGAC ocupa una *interface* (WMS), consultas en portales en línea como Google Earth, en el cual su edición no es accesible y solo es una fuente de consulta limitada.

### **3. PROCESOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y ASPECTOS INSTITUCIONALES**

#### **3.1. Acciones para la implementación del proceso de gestión de obstáculos**

A continuación se explicará las acciones para la implementación del proceso de gestión de obstáculos.

##### **3.1.1. Identificación de los proveedores de datos aeronáuticos (obstáculos)**

Es de suma importancia la identificación de los distintos proveedores de información. Esto para hacerles de su conocimiento los distintos requisitos solicitados por la DGAC; y así garantizar la forma correcta de proporcionar los datos.

Dentro de los principales proveedores de información se puede mencionar

- Instituciones públicas
- Empresas de telecomunicaciones
- Empresas publicitarias
- Empresas dedicadas a la construcción, entre otros

### **3.1.2. Regulaciones o requisitos emanados por la DGAC**

Estos con base legal según la Ley de Aviación Civil, decreto 93-2000, Reglamento establecidas de Aviación Civil, Acuerdo Gubernativo No. 384-2001 y formas por el Departamento de Infraestructura Aeroportuaria del Aeropuerto Internacional La Aurora de la ciudad de Guatemala. Estos proporcionan ciertos requisitos y documentos que deberán adjuntar para proporcionar la información.

Los requisitos para la instalación o construcción de antenas, torres, rótulos publicitarios o edificios están descritos al final de este documento. (ver anexo 1).

- Para la entrega de información relacionada con vallas publicitarias. Además de los requisitos del anexo 1, se debe adjuntar formulario Control de alturas de vallas Departamento de Infraestructura Aeroportuaria (ver Anexo 2).
- Para la entrega de información relacionada con Torres de Telecomunicaciones, además de los requisitos del anexo 1, se debe adjuntar formulario control de alturas de torres de comunicaciones Departamento de Infraestructura Aeroportuaria (ver anexo 3).
- Para la entrega de información relacionada con edificios además de los requisitos del anexo 1, se debe adjuntar formulario control de alturas de edificios departamento de infraestructura aeroportuaria (ver anexo 4).

### **3.1.3. Tratamiento de los datos aeronáuticos (obstáculos)**

Una vez recibida la documentación, requerida a los proveedores, se procede al análisis de las coordenadas geográficas:

- Latitud: grados-minutos-segundos

- Longitud: grados-minutos-segundos
- Elevación de base de la torre (msnm): en el caso de las torres altura final de la torre (m): en el caso de las torres
- Cota de banqueta de la obra (msnm): en el caso de edificios
- Altura total del edificio (m): en el caso de edificios
- Elevación de base de la valla (msnm) en el caso de vallas
- Altura final de la valla (m) en el caso de vallas
- Procedimiento de análisis de los datos
  - Con un programa de sistema de información geográfica y una ortofoto previamente validada por un ente certificador de información topográfica (IGN) o el uso de un servicio de Mapas Web (WMS), se analizará la coordenada correspondiente para determinar su posición geográfica.
  - Si el dato analizado no se localiza dentro de las aéreas restringidas, según la superficie limitadora de obstáculos, se procede a otorgar el dictamen favorable y libre de restricciones.
  - Si el dato analizado se localiza dentro de las áreas restringidas, según la superficie limitadora de obstáculos, se procederá al análisis de altura del mismo.
  - Si el análisis de la altura del obstáculo no supera la altura mínima establecida, en la superficie limitadora, se procede a otorgar el dictamen favorable.
  - Si el análisis de la altura del obstáculo supera la altura mínima establecida en la superficie limitadora, se procede a limitar la altura de construcción del mismo (y recomendar la altura máxima permitida en esa posición o área).

Una vez analizados y aprobados los datos se procede a la incorporación de los mismos, en la publicación de Información Aeronáutica.

### 3.2. Bitácora (lista de chequeo)

En apoyo en el procedimiento descrito para el tratamiento y análisis de los datos aeronáuticos (obstáculos), se utilizará una lista de chequeo que está destinada como apoyo al responsable de dicha actividad, la cual ayudará al aseguramiento que no se pase por alto ninguna información relevante.

Figura 8. **Lista de chequeo de seguimiento del análisis de datos aeronáuticos**

LOGO	ASUNTO	LISTA DE CHEQUEO DE SEGUIMIENTO DEL ANÁLISIS DE DATOS AERONÁUTICOS
	EDICIÓN	
	FECHA DE EFECTIVIDAD	

1. TIPO DE DATO ANALIZADO

TORRE

ANTENA

ROTULO PUBLICITARIO

EDIFICIO

OTROS \_\_\_\_\_

2. DATO AERONÁUTICO ANALIZADO CON

ORTHOPHOTO

SERVICIO DE MAPAS WEB

3. DATO SE LOCALIZA DENTRO DEL PERÍMETRO DE LA SUPERFICIE LIMITADORA DE OBSTÁCULOS

SI

NO

4. DATO EXCEDE LA SUPERFICIE LIMITADORA DE OBSTÁCULOS

SI

NO

5. ALTURA EXCEDIDA POR EL OBSTÁCULO EN METROS \_\_\_\_\_(m)

6. ALTURA MÁXIMA TOTAL RECOMENDADA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL OBSTÁCULO \_\_\_\_\_(m)

NOMBRE DEL TÉCNICO RESPONSABLE \_\_\_\_\_

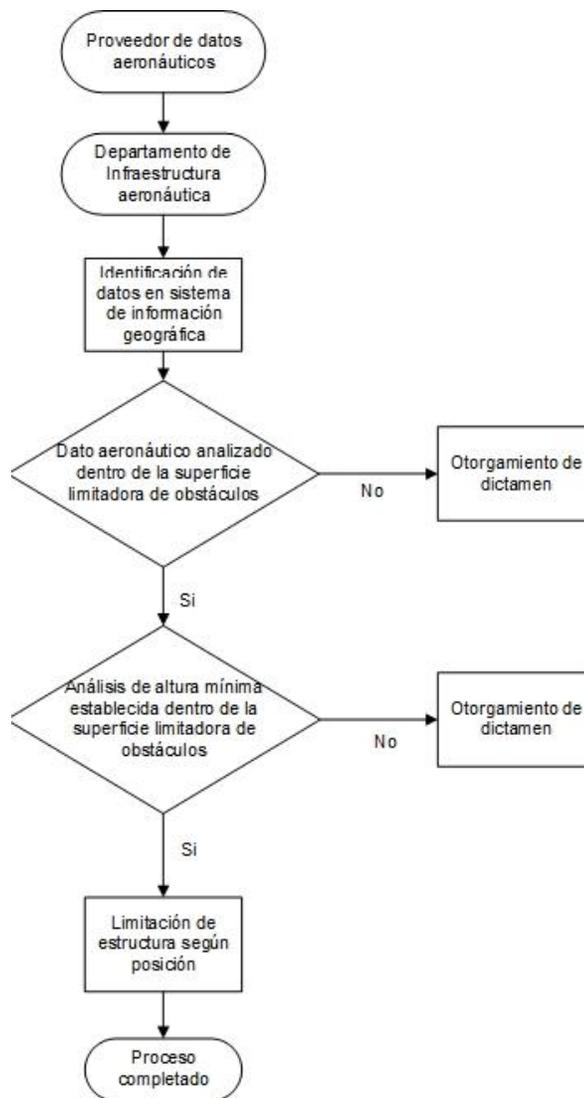
FECHA \_\_\_\_\_

Fuente: elaboración propia.

### 3.3. Matriz del tratamiento de los datos aeronáuticos

A continuación se explicará la matriz del tratamiento de datos aeronáuticos.

Figura 9. Matriz de tratamiento de datos aeronáuticos



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

### 3.4. Responsabilidad legal

A continuación se explicará la responsabilidad legal.

Tabla IV. **Base legal nacional**

ENTIDAD	DOCUMENTO
<b>Congreso de la República de Guatemala.</b>	Ley de Aviación Civil. Decreto 93-2000
<b>Presidencia de la República de Guatemala.</b>	Reglamento a La Ley de Aviación Civil, Acuerdo Gubernativo 384-2001

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Base legal internacional**

ENTIDAD	DOCUMENTO
<b>Organización de Aviación Civil Internacional OACI</b>	Normas y Métodos Recomendados, Anexos. Convenios y tratados internacionales en materia de Servicios de Información Aeronáutica.

Fuente: elaboración propia.

### 3.5. Normativa relacionada

A continuación se explicará la normativa relacionada.

- Ley de Aviación Civil, decreto 93-2000

- Artículo 6. Dirección General de Aeronáutica Civil. La Dirección General de Aeronáutica Civil, en adelante la Dirección, dependencia del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, es el órgano encargado de normar, supervisar, vigilar y regular, con base en lo prescrito en la presente ley, reglamentos, regulaciones y disposiciones complementarias, los servicios aeroportuarios, los servicios de apoyo a la Navegación Aérea, los servicios de Transporte Aéreo, de Telecomunicaciones y en general todas las actividades de Aviación Civil en el territorio y espacio aéreo de Guatemala, velando en todo momento por la defensa de los intereses nacionales<sup>11</sup>
  
- Artículo 7. Funciones. “Son funciones de la Dirección, además de otras señaladas en esta ley, los incisos más relevantes son el a) y h) descritos a continuación:
  - a) Elaborar, emitir, revisar, aprobar y modificar las regulaciones y disposiciones complementarias de aviación que sean necesarias, para el cumplimiento de la presente ley y sus reglamentos.
  
  - h) Intercambiar a través de Organismos Internacionales o Direcciones Generales información concerniente a la aviación civil, para fortalecer u homogenizar criterios sobre los mecanismos de seguridad aérea
  
- Resumen: El Estado de Guatemala a delegado a través del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda (MICIVI) a la DGAC como el ente encargado de normar y regular todo lo concerniente a la práctica segura de toda actividad de navegación aérea. Dentro de sus funciones se destacan el inciso a) y el inciso h) descritos anteriormente donde intercambian información con Organismos Internacionales y Direcciones Generales de otros países como El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica con la finalidad de homogenizar los criterios en temas de Seguridad Operacional y que no se ven afectados ninguno de estos países al momento de emitir una regulación o alguna disposición diferente en temas aeronáuticos.
  
- Artículo 32. Se denominan superficies limitadoras de obstáculos, a los planos imaginarios, oblicuos y horizontales que se extienden sobre cada aeródromo y sus inmediaciones, tendientes a limitar la altura de los obstáculos a la circulación aérea.
  
- Artículo 33. Superficies limitadoras de obstáculos. En las áreas cubiertas por la proyección de las superficies limitadoras de obstáculos de los aeródromos, así como en las áreas de aproximación por instrumentos y circuitos de espera correspondientes a los mismos, las construcciones, plantaciones,

---

<sup>11</sup>Organización de Aviación Civil Internacional OACI. *Ley de aviación civil* p. 2, 3, 7.

estructuras e instalaciones, ya sean permanentes o transitorias, no podrán tener una altura mayor que la limitada por dichas superficies, ni podrán ser de naturaleza tal que acrecienten los riesgos potenciales de un eventual accidente de aviación.

- Artículo 34. Determinación. La Dirección General de Aeronáutica Civil determinará las superficies limitadoras de obstáculos de cada aeródromo público existente o que se construya o modifique.
  - Artículo 35. Reducción o eliminación de obstáculos. Si con posterioridad a la autorización de funcionamiento de un aeródromo público se comprueba la infracción a las normas a que se refiere el presente capítulo, la Dirección General de Aeronáutica Civil exigirá al infractor la reducción o eliminación de los obstáculos.
  - En caso de incumplimiento, la Dirección General de Aeronáutica Civil, requerirá judicialmente la reducción o eliminación de los obstáculos. Los gastos que demanden serán a costa del infractor, el cual no tendrá derecho a reembolso ni indemnización.
  - Artículo 36. Si con posterioridad a la autorización de funcionamiento de un aeródromo privado se construyen obstáculos que afectan sustancialmente las operaciones que allí se efectúen, a petición de parte y a cargo de ésta, la Dirección General de Aeronáutica Civil determinará si éstos constituyen un riesgo para la circulación aérea
  - De determinar la DGAC que los obstáculos constituyen un riesgo para la circulación aérea, el propietario del aeródromo privado tendrá derecho a solicitar judicialmente su reducción o eliminación. La resolución judicial podrá autorizar al propietario del aeródromo a reducir o eliminar los obstáculos por cuenta y costo del infractor.
  - Artículo 37. Obligación de señalizar. La señalización de los obstáculos que constituyan peligro para la circulación aérea es obligatoria y se efectuará de acuerdo con la reglamentación respectiva. Los costos de instalación y funcionamiento de las señales que correspondan están a cargo del propietario<sup>1</sup>.
  - Resumen: La DGAC determinará las superficies limitadoras de obstáculos y planos imaginarios, según sus necesidades e infraestructura del aeródromo, determinará la reducción o eliminación de cualquier obstáculo que represente un riesgo para la navegación aérea.
- Reglamento a la ley de aviación civil, Acuerdo Gubernativo 384-2001
    - Artículo 7. “Para el ejercicio de las actividades aeronáuticas, la Dirección actuará por medio de sus unidades administrativas, técnico operativas y de los inspectores debidamente calificados e identificados para fiscalizar el cumplimiento de las exigencias legales, operativas y técnicas de operadores, explotadores

nacionales e internacionales; personal aeronáutico, escuelas de Instrucción Aeronáutica, talleres y otros afines a la aviación<sup>12</sup>.

- Resumen: La DGAC, a través de sus unidades administrativas y técnico operativas velará por el estricto cumplimiento del reglamento de la ley de aviación civil. Esto con relación al cumplimiento de las regulaciones de las escuelas que imparten temas relacionadas con la aviación y las empresas privadas explotadoras tanto las nacionales como las internacionales. Asimismo para que este personal se considere calificado la Dirección General de Aeronáutica proporciona identificaciones con acreditaciones especiales para el cumplimiento de dichas inspecciones. Dichas acreditaciones se obtiene por medio de cursos específicos y de experiencia comprobada en el campo de trabajo.

---

<sup>12</sup> Organización de Aviación Civil Internacional OACI. *Reglamento de la Ley de Aviación Civil*. p. 4.



## **4. PROCESAMIENTO DE DATOS**

### **4.1. Parámetros para el diseño**

El Aeropuerto internacional La Aurora, cuenta con una pista destinada para el aterrizaje y despegue de aeronaves con una longitud total de 2 987 metros y un ancho de 60 metros. Los extremos son designados como pista 02 y pista 20 esto debido a su orientación respecto al norte magnético. El diseño de las dimensiones y pendientes de las superficies limitadoras de obstáculos dependerá de las características físicas de la misma.

### **4.2. Clave de referencia**

Esta sirve para proporcionar un método simple, para relacionar entre sí las numerosas especificaciones concernientes a las características de los aeródromos. Está compuesta por dos elementos que se relacionan con las características y dimensiones del avión con mayores dimensiones que hagan uso del aeródromo.

El elemento 1 es un número basado en la longitud del campo de referencia del avión. El elemento 2 es una letra basada en la envergadura del avión y la anchura exterior entre las ruedas del tren de aterrizaje principal.

El número de clave para el elemento 1 se determinará mediante la tabla III siguiente en la columna (1), y para el elemento 2 será en la columna (3).

Debido a que la pista cuenta con 2,987 metros, la designación para el elemento 1 debería de ser número de clave 4. La designación del elemento 2 será F. Esto debido a que aeronaves con características de envergaduras superiores a 65 metros operan en el aeródromo.

Tabla VI. **Clave de referencia de aeródromo**

Elementos 1 de la clave		Letra de Clave (3)	Elementos 2 de la clave	
Numero de clave (1)	Longitud de campo de referencia del avión (2)		Envergadura (4)	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal <sup>a</sup> (5)
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: OACI. *Aeródromos*. p. 16.

#### 4.3. Requisitos de limitación de obstáculos

Los requisitos relativos a las superficies limitadoras de obstáculos se determinan en función de la utilización prevista de la pista (despegue, aterrizaje y tipo de aproximación).

El Aeropuerto Internacional La Aurora cuenta con dos pistas con las características siguientes:

- Pista para aproximaciones que no son de precisión: en este tipo de pista se deberán establecer las siguientes superficies limitadoras de obstáculos caso de la pista 02 (ver figura 10).
  - Superficie cónica
  - Superficie horizontal interna
  - Superficie de aproximación
  - Superficie de transición
  
- Pista para aproximaciones de precisión, de categoría I, se establecerán las siguientes superficies limitadoras de obstáculos caso de la pista 20 (ver figura 10).
  - Superficie cónica
  - superficie horizontal interna
  - Superficie de aproximación
  - Superficie de transición
  - Superficie de aproximación interna
  - Superficie de transición interna
  - Superficie de aterrizaje interrumpido

Las alturas de las pendientes de las superficies no serán superiores, ni sus otras dimensiones inferiores, a las que se especifican en la tabla IV.

- Superficie cónica: es una superficie con pendiente ascendente y hacia afuera con un borde interior que se extiende desde el perímetro de la superficie horizontal interna y con un borde superior situado a una altura determinada sobre la superficie horizontal interna. La pendiente de la superficie se medirá en un plano vertical perpendicular a la superficie

horizontal interna. En el caso del Aeropuerto Internacional La Aurora se utilizan los siguientes datos, debido a su número de clave (figura 11):

- pendiente 5 %
  - altura 100 m.
- 
- Superficie horizontal interna: es una superficie situada en un plano horizontal sobre un aeródromo y sus alrededores. Es con un radio o límite exterior de la superficie horizontal interna midiéndose desde un punto de referencia que se fijan con este fin, en el caso del aeródromo de La Aurora los puntos con este fin, serán los umbrales de la pista. La altura se medirá desde la elevación de los umbrales se utilizarán los siguientes datos (figura 11):
    - Altura 45 m.
    - Radio 4 000 m.
  
  - Superficie de aproximación: es una superficie de planos combinados con un borde interior de longitud específica horizontal y perpendicular del eje de la pista situado a una distancia antes del umbral. Tiene dos lados que parten de los extremos del borde interior y divergen en un ángulo uniforme respecto al eje de la pista, un borde exterior paralelo al borde interior, la elevación del borde interior será igual a la del umbral. Por ello se utilizarán los siguientes datos:
    - Longitud del borde interior 300 m.
    - Distancia desde el umbral 60 m.
    - Divergencia a cada lado 15 %

- Primera sección: con longitud de 3 000 m, y pendiente de 2 %.
  - Segunda sección: con longitud de 3 600 m, y pendiente de 2,5 %
  - Sección horizontal: longitud 8 400 m.
  
- Superficie de aproximación interna: es una área rectangular de la superficie de aproximación. Esto con un borde interior que coincide con el emplazamiento del borde interior de la superficie de aproximación, pero posee una longitud diferente, dos lados que parten de los extremos del borde interior extendiéndose paralelamente al plano vertical al eje de la pista, y un borde exterior paralelo al borde interior; se utilizaran los siguientes datos:
  - Ancho de 120 m.
  - Distancia desde el umbral 60 m.
  - Longitud 900 m.
  - Pendiente 2 %.
  
- Superficie de transición: es una superficie que se extiende a lo largo del borde de la franja de pista, y parte del borde de la superficie de aproximación con superficie ascendente y hacia afuera hasta la superficie horizontal interna, el borde inferior inicia en la intersección del borde de la superficie de aproximación con la superficie horizontal interna, y se extiende siguiendo el borde de la superficie de aproximación hasta el borde interior de la superficie de aproximación, se utilizara el siguiente dato:
  - Pendiente de 14,3 %

- Superficie de transición interna: esta superficie es similar a la superficie de transición en su elaboración pero más próxima a la pista. Tiene un borde inferior que comienza al final de la superficie de aproximación interna y se extiende a lo largo del lado de la superficie de aproximación interna hasta el borde interior de esta superficie. Desde allí a lo largo de la franja paralela al eje de la pista, hasta el borde interior de la superficie de aterrizaje interrumpido y desde allí hacia arriba a lo largo del lado de la superficie de aterrizaje interrumpido, hasta el punto donde corta la superficie horizontal interna. Se utilizará una pendiente medida desde un plano vertical perpendicular al eje de pista, se empleará el siguiente dato:
  - Pendiente de 33 %
  
- Superficie de aterrizaje interrumpido: plano inclinado situado a una distancia desde el umbral que se extiende en la superficie de transición interna con un borde interior horizontal y perpendicular al eje de pista. Esto con dos lados que parten de los extremos del borde interior y divergen a un ángulo determinado, y un borde exterior paralelo al borde interior situado en el plano de la superficie horizontal interna, y se medirá la pendiente en un plano vertical que contenga el eje de la pista. Se utilizarán los siguientes datos:
  - Longitud del borde interior 155 m.
  - Distancia desde el umbral 1 800 m.
  - Divergencia a cada lado 10 %
  - Pendiente 3,33 %
  
- Superficie de ascenso en el despegue: plano inclinado situado más allá del extremo de una pista o zona de libre de obstáculos, con un borde

interior, horizontal y perpendicular al eje de la pista y con una longitud especificada. Tiene dos lados que parten de los extremos del borde interior y que divergen uniformemente, con un ángulo respecto a la derrota de despegue, hasta una anchura final especificada a lo largo del resto de la superficie, un borde exterior horizontal y perpendicular a la derrota de despegue. La elevación del borde interior será igual a la del punto más alto de la prolongación del eje de la pista. Se utilizarán los siguientes datos:

- Longitud del borde interior 180 m.
- Distancia desde el extremo de la pista 60 m.
- Divergencia (a cada lado) 12,5 %
- Anchura final 1 200 m.
- Longitud 15 000 m.
- Pendiente 2 %

Tabla VII. Dimensiones y pendientes de las superficies limitadoras de obstáculos para pistas de aproximación

CLASIFICACIÓN DE LAS PISTAS										
Superficies y dimensiones	Aproximación visual Número de clave				Aproximación que no sea de precisión Número de clave			Aproximación de precisión		
	1	2	3	4	1, 2	3	4	Categoría I Número de clave		Categoría II o III Número de Clave
<b>CÓNICA</b>										
Pendiente	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Altura	35m	55m	75m	100m	60m	75m	100m	60m	100m	100m
<b>HORIZONTAL INTERNA</b>										
Altura	45m	45m	45m	45m	45m	45m	45m	45m	45m	45m
Radio	2000m	2500m	4000m	4000m	3500m	4000m	4000m	3500m	4000m	4000m
<b>APROXIMACIÓN INTERNA</b>										
Anchura	-	-	-	-	-	-	-	90m	120m	120m
Distancia umbral	-	-	-	-	-	-	-	60m	60m	60m
Longitud	-	-	-	-	-	-	-	900m	900m	900m
Pendiente	-	-	-	-	-	-	-	2.5%	2%	2%
<b>APROXIMACIÓN</b>										
Longitud del borde interior	60m	80m	150m	150m	150m	300m	300m	150m	300m	300m
Distancia desde el umbral	30m	60m	60m	60m	60m	60m	60m	60m	60m	60m
Divergencia a cada lado	10%	10%	10%	10%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
<b>Primera Sección</b>										
Longitud	1600m	2500m	3000m	3000m	2500m	3000m	3000m	3000m	3000m	3000m
Pendiente	5%	4%	3.33%	2.5%	3.33%	2%	2%	2.5%	2%	2%
<b>Segunda Sección</b>										
Longitud	-	-	-	-	-	3600m	3600m	12000m	3600m	3600m
Pendiente	-	-	-	-	-	2.5%	2.5%	3%	2.5%	2.5%
<b>Sección Horizontal</b>										
Longitud	-	-	-	-	-	8400m	8400m	-	8400m	8400m
Longitud total	-	-	-	-	-	15000m	15000m	15000m	15000m	15000m
<b>DE TRANSICIÓN</b>										
Pendiente	20%	20%	14.3%	14.3%	20%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%
<b>DE TRANSICIÓN INTERNA</b>										
Pendiente	-	-	-	-	-	-	-	40%	33.3%	33.3%
<b>SUPERFICIE DE ATERRIZAJE INTERRUMPIDO</b>										
Longitud del borde interior	-	-	-	-	-	-	-	90m	120m	120m
Distancia desde el umbral	-	-	-	-	-	-	-	-	1800m	1800m
Divergencia a cada lado	-	-	-	-	-	-	-	10%	10%	10%
Pendiente	-	-	-	-	-	-	-	4%	3.33%	3.33%

Fuente: OACI. *Aeródromos*. p.49.

Tabla VIII. **Dimensiones y pendientes de las superficies limitadoras de obstáculos para pistas de despegue**

Superficies y dimensiones <sup>a</sup>	Numero de clave		
	1	2	3 o 4
Longitud del borde interior	60m	80m	180m
Distancia desde el extremo de la pista <sup>e</sup>	30m	60m	60m
Divergencia a cada Lado	10%	10%	12.5m
Anchura final	380m	580m	1200m 1800m <sup>c</sup>
Longitud	1600m	2500m	15000m
Pendiente	5%	4%	2% <sup>d</sup>
a. salvo que se indique de otro modo, todas las dimensiones se miden horizontalmente e. Superficie de ascenso en el despegue comienza en el extremo de la zona libre de obstáculos si la longitud de esta excede de la distancia especificada c. 1800m cuando la derrota prevista incluya cambios de rumbo mayores de 15° en las operaciones realizadas en IMC, o en VMC durante la noche			

Fuente: OACI. *Aeródromos*. p. 28.

#### 4.4. Condiciones para limitar la altura máxima de los obstáculos

Las superficies a limitar, en el Aeropuerto Internacional La Aurora, deberían cumplir con las condiciones especificadas en esta sección, las cuales se presentan a continuación.

- La limitación en la superficie horizontal interna: dependerá de que el obstáculo planteado se encontrase dentro de esta área. Se deberá cumplir con la condición siguiente:

$$45 \text{ m} \geq X - 1\,509,3972 \text{ m} \quad [\text{Ec. 1}]$$

X= elevación total del obstáculo en metros.

1 509,3972 m = elevación total de umbral en pista 20

Si el obstáculo no cumpliera la condición, y el resultado fuese mayor a 45 m se deberá restringir la construcción del mismo en altura y recomendar la máxima en esa posición.

- Limitación en la cónica: si el obstáculo analizado geográficamente se encontrara dentro de esta superficie, se medirá la distancia perpendicular al borde externo de la superficie horizontal interna, hasta la posición del obstáculo y deberá cumplir la siguiente condición:

$$((X - 1\,554,3972 \text{ m}) / A) \leq 0,05 \quad [\text{Ec. 2}]$$

X= elevación total del obstáculo en metros.

A = distancia perpendicular al borde exterior de horizontal interna en metros.

1 554,3972 m = elevación de umbral pista 20 más la altura de superficie horizontal interna.

Si el resultado no cumple la esta condición se deberá limitar la altura del mismo, y hacer la recomendación de altura máxima en esa posición determinando el valor de X.

- Limitación en la superficie de aproximación, al igual que las anteriores condiciones, se determina la posición gráficamente del obstáculo y si estuviese situada dentro de la superficie de aproximación, se deberá determinar con exactitud en cuál de las tres secciones de la misma se encuentra, y así aplicar la condición correspondiente a cada una.

Las condiciones para cada sección serán las siguientes:

- Primera sección (ver figura 6)

$$((X - 1\,509,3972 \text{ m}) / (B)) \leq 0,02 \quad [\text{Ec.3}]$$

- Segunda sección (ver figura 6)

$$((X - 1\,509,3972 \text{ m}) / (B)) \leq 0,025 \quad [\text{Ec. 4}]$$

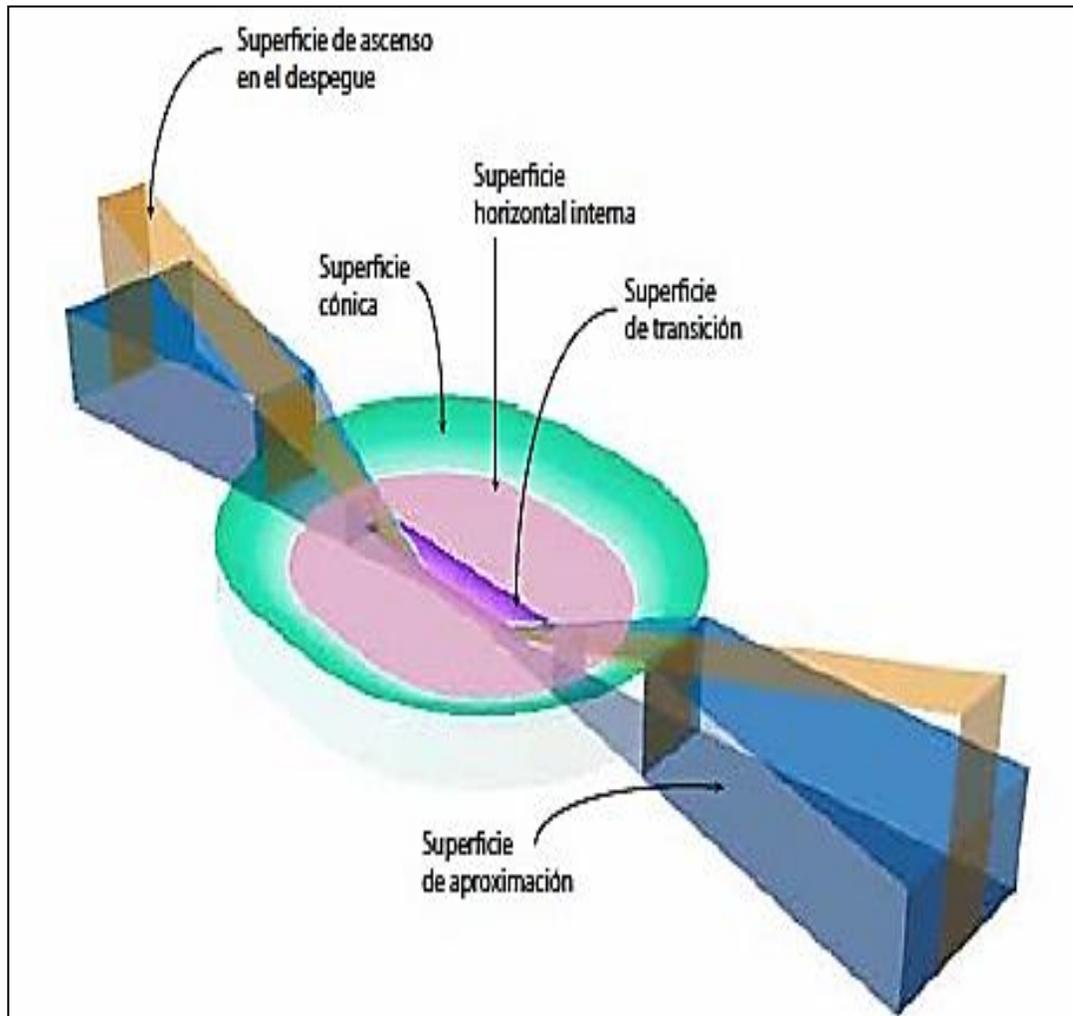
- Tercera sección (ver figura 6)

$$X - 1\,509,3972 \leq 376,5 \text{ m} \quad [\text{Ec. 5}]$$

X= elevación total del obstáculo en metros

B = distancia al umbral correspondiente

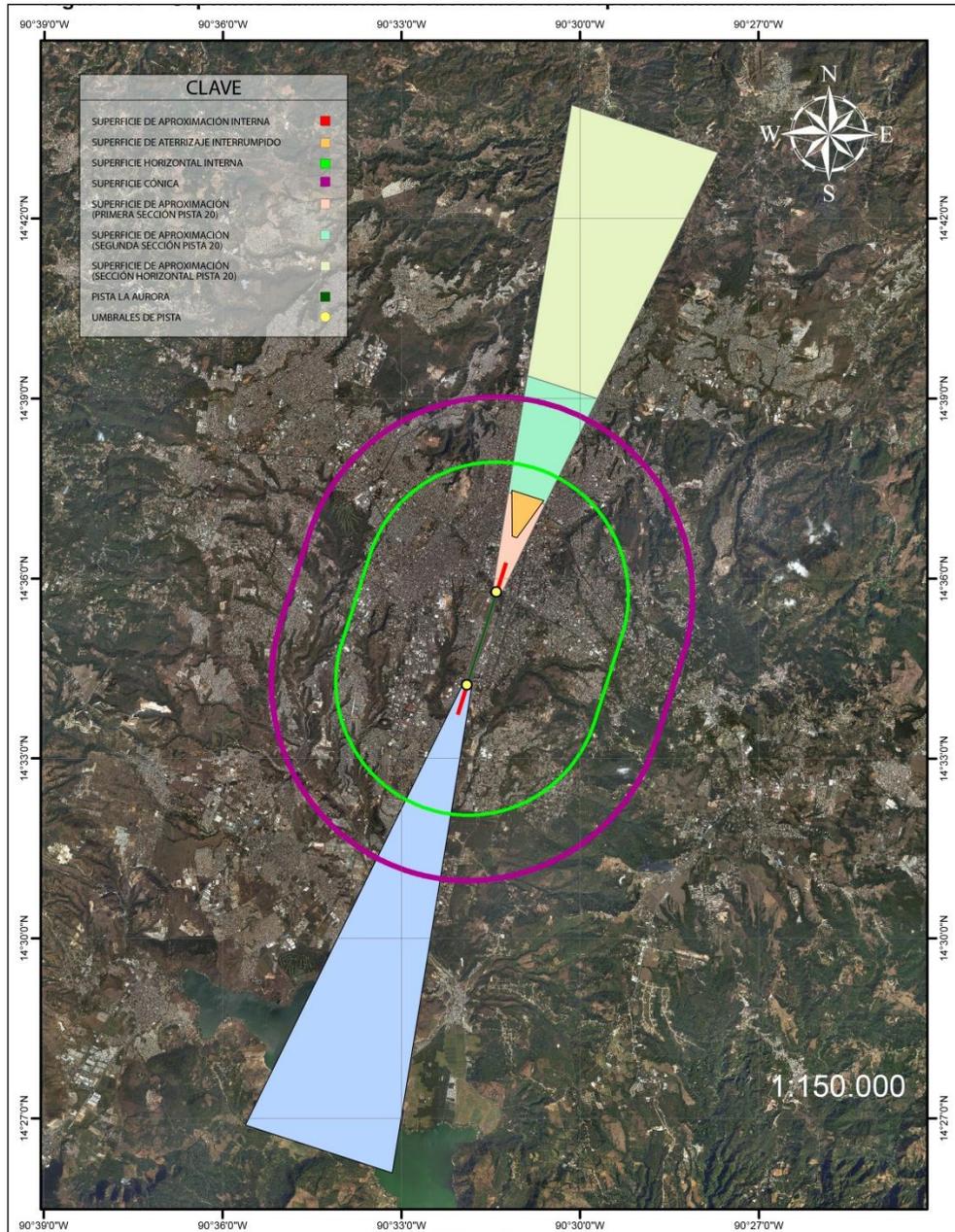
Figura 10. **Superficie limitadora de obstáculos**



Fuente: Scielo. *Superficie limitadora de obstáculos*. <http://www.scielo.org.mx/>.

Consulta: diciembre de 2014.

Figura 11. Superficies limitadoras de obstáculos del Aeropuerto Internacional La Aurora



Fuente: elaboración propia, empleando Google Erth.



## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1. Análisis de resultados por superficie

Las siguientes coordenadas geográficas corresponden a las estructuras, vallas, antenas o arboles significativos que se encuentran situadas a los alrededores del Aeropuerto Internacional La Aurora. Estos fueron recopilados 167 datos en total, los cuales fueron obtenidos por los siguientes métodos de recolección.

- Levantamientos topográficos GPS
- Levantamiento topográfico con estación total
- Método gráfico

Dichos datos constituyen un peligro, para el seguro desarrollo de la navegación aérea, se analizaron en un Sistema de Información Geográfica Se utilizarán ortofotos desarrolladas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), a cada par de coordenadas se le asignó un código, que consta de 8 caracteres alfanuméricos, con la finalidad de facilitar su rápida identificación en el análisis. Los resultados se presentan en las tablas VII obstáculos no afectantes, tabla VIII obstáculos dentro de la superficie cónica, tabla IX resultados del análisis de obstáculos dentro de la superficie cónica, tabla X resultados del análisis de obstáculos dentro de la superficie horizontal interna, tabla XI obstáculos dentro de la superficie de aproximación primera sección de pista 20, Tabla XII resultados del análisis de obstáculos dentro de la superficie de aproximación primera sección de pista 20, tabla XIII obstáculos dentro de la superficie de aproximación segunda sección de pista 20, tabla XIV resultados del análisis de

obstáculos dentro de la superficie de aproximación segunda sección de pista 20. Esto según la superficie limitadora en la cual se encuentran los mismos.

De los 167 datos, 6 de ellos no se encuentran posicionados en ninguna de las aéreas correspondiente a las limitaciones del Aeropuerto.

Tabla IX. **Obstáculos no afectantes**

ID	CÓDIGO	NOMBRE	LONGITUD (grados, minutos y segundos)	LATITUD (grados, minutos y segundos)	ELEVACIÓN (metros)	ALTURA EXCEDIDA (metros)
1	MGGT0157	ANTENA	90 31 48,1513	14 24 23,57669	1909,7315	0
2	MGGT0158	ANTENA	90 28 07,7596	14 41 04,15106	1647,3205	0
3	MGGT0159	TORRE	90 28 25,1039	14 40 01,1558	1621,9011	0
4	MGGT0163	TORRE	90 26 38,72951	14 33 43,47172	2037,4434	0
5	MGGT0164	TORRE	90 37 58,68377	14 37 06,79091	2301,6308	0
6	MGGT0165	TORRE	90 38 31,19548	14 36 34,40577	2276,3999	0

Fuente: elaboración propia.

### 5.1.1. Superficie cónica

Dentro de la superficie cónica se localizaron 3 obstáculos con la siguiente información:

Tabla X. **Obstáculos dentro de la superficie cónica**

ID	CÓDIGO	NOMBRE	LONGITUD (grados, minutos y segundos)	LATITUD (grados minutos y segundos)	ELEVACIÓN (X) metros
1	MGGT0156	ANTENA	90 33 14,4048	14 32 30,25621	1453,6953
2	MGGT0162	TORRE	90 28 32,87769	14 34 17,99277	1897,4861
3	MGGT0167	GRAN TIKAL FUTURA	90 33 12,65	14 37 23,60	1631

Fuente: elaboración propia.

Utilizando la siguiente fórmula se pueden obtener los resultados dentro de dicha superficie.

$$((X - 1\,554,3972\text{ m}) / A) \leq 0,05 \quad [\text{Ec. 2}]$$

X= elevación total del obstáculo en metros

A = distancia perpendicular al borde exterior de horizontal interna en metros

Tabla XI. **Resultados del análisis de obstáculos dentro de la superficie cónica**

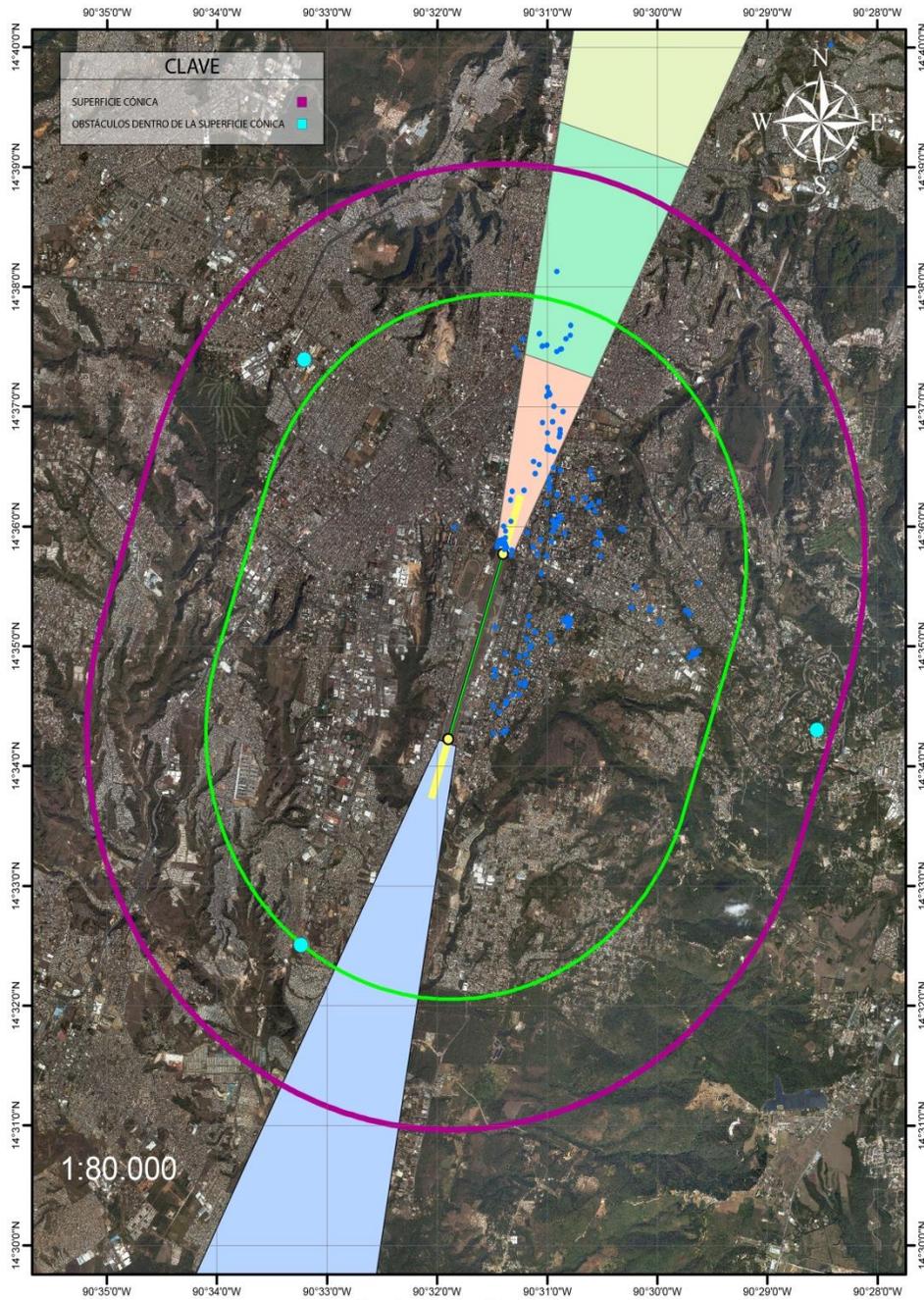
ID	CÓDIGO	DISTANCIA (A) metros.	ALTURA MAX. 5%	$((X - 1554.3972\text{ m}) / A)$	ALTURA EXCEDIDA (metros)
1	MGGT0156	20,5	1,025	-4,912287805	-101,7269
2	MGGT0162	1699	84,95	0,201935786	258,1389
3	MGGT0167	423	21,15	0,18109409	55,4528

Fuente: elaboración propia.

Donde la distancia (A) se determina gráficamente midiendo desde la posición de cada obstáculo, perpendicularmente hacia el borde interno de la superficie cónica. La altura máxima dentro de esta superficie con pendiente de 5 % que debe de tener el obstáculo en esa posición, se determina mediante la multiplicación de  $A \cdot 0,05$ ; Entonces para determinar el resultado de la altura que excede o penetra esta superficie se hace la diferencia entre elevación total del obstáculo, y la suma de  $(1\,554,3972 + \text{altura máx. 5 \%})$ .

Se puede observar de los 3 datos analizados 2 de ellos superan el límite permitido de altura en esta superficie.

Figura 12. Obstáculos dentro de la superficie cónica



Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth.

### 5.1.2. Superficie horizontal interna

Dentro de la superficie horizontal interna, se analizaron 95 obstáculos de los cuales 94 superan el límite de la misma, en las tablas siguientes se presentan los resultados del análisis.

Tabla XII. **Resultados del análisis de obstáculos dentro de la superficie horizontal interna**

ID	CÓDIGO	NOMBRE	LONGITUD (grados minutos y segundos)	LATITUD (grados minutos y segundos)	ELEVACIÓN (X) metros	ALTURA EXCEDIDA (metros)
1	MGGT0001	EDIFICIO MARQUES DEL VALLE	903 128,99	143 416,23	1 552	42,60
2	MGGT0002	EDIFICIO PREMIER CLUB	903 123,94	143 416,66	1 578	68,60
3	MGGT0003	EDIFICIO TINTORETTO	903 122,05	143 418,05	1 553	43,60
4	MGGT0004	EDIFICIO BELLINI	903 126,26	143 426,69	1 546	36,60
5	MGGT0005	EDIFICIO COVADONGA	903 129,23	143 429,8	1 535	25,60
6	MGGT0006	EDIFICIO ADRIATIKA	903 122,53	143 431,03	1 564	54,60
7	MGGT0007	EDIFICIO TORRE DALI	903 121,96	143 432,62	1 571	61,60
8	MGGT0008	EDIFICIO AP. BELLAGIO	903 118,78	143 435,58	1 571	61,60
9	MGGT0009	EDIFICIO PLENUM 14	903 115,27	143 436,05	1 551	41,60
10	MGGT0010	EDIFICIO EL ABANICO	903 112,4	143 440,12	1 538	28,60
11	MGGT0011	EDIFICIO CASA RIALTO	903 115,09	143 441,39	1 560	50,60
12	MGGT0012	EDIFICIO CHATELET	903 111,8	143 441,91	1 553	43,60
13	MGGT0013	EDIFICIO TORRE NOVA	903 128,63	143 444,96	1 557	47,60
14	MGGT0014	EDIFICIO TETRE CENTER	903 128,37	143 448,17	1 532	22,60
15	MGGT0015	EDIFICIO TORRE CONDESA	903 116,77	143 447,28	1 563	53,60
16	MGGT0016	EDIFICIO COBIRA 3	903 122,67	143 456,3	1 530	20,60
17	MGGT0017	EDIFICIO VILLA RISHO	903 115,11	143 454,67	1 559	49,60
18	MGGT0018	EDIFICIO RESIDENZA	903 110,23	143 451,57	1 565	55,60
19	MGGT0019	EDIFICIO AVENIDA 3	903 111,75	143 455,55	1 559	49,60
20	MGGT0020	EDIFICIO TORRE SAN PATRICIO	90 319,48	143 458,89	1 570	60,60
21	MGGT0021	EDIFICIO VIVALDI	90 318,47	14 350,44	1 568	58,60
22	MGGT0022	EDIFICIO ALMEIRA	903 111,16	14 353,51	1 556	46,60
23	MGGT0023	TORRE DE CONTROL LA AURORA	903 128,16	14 359,24	1 527	17,60
24	MGGT0024	HOSPITAL LAS AMERICAS	90 316,73	14 357	1 569	59,60
25	MGGT0025	EDIFICIO VERDEVER	903 110,38	143 510,45	1 555	45,60
26	MGGT0026	EDIFICIO AP. LA MIRAGE	903 057,58	14 352,29	1 568	58,60
27	MGGT0027	EDIFICIO CATANIA	903 058,35	14 355,37	1 553	43,60
28	MGGT0028	EDIFICIO TADEUS	90 319,9	14 3514,75	1 570	60,60
29	MGGT0029	EDIFICIO LAS MERCEDES	903 048,55	14 359,63	1 568	58,60
30	MGGT0030	EDIFICIO VILLALBOSQUE TORRE 1	903 047,54	14 3511,02	1 579	69,60
31	MGGT0031	EDIFICIO VILLALBOSQUE TORRE 2	903 047,33	14 3512,12	1558	48,60
32	MGGT0032	EDIFICIO EUROPLAZA 1	903 051,01	14 3512,89	1588	78,60
33	MGGT0033	EDIFICIO EUROPLAZA 2	903 049,83	14 3511,89	1 588	78,60
34	MGGT0034	EDIFICIO EUROPLAZA 3	903 047,31	14 3513,66	1 588	78,60
35	MGGT0035	EDIFICIO EUROPLAZA 4	903 048,86	14 3514,29	1 588	78,60
36	MGGT0036	VALLA PUBLICITARIA	90 313,03	143 536,5	1 567	57,60
37	MGGT0037	EDIFICIO MEDICO EL OBELISCO	90 312,97	143 536,31	1 560	50,60
38	MGGT0038	REFORMA OBELISCO	90 315,11	143 546,13	1 567	57,60
39	MGGT0039	APARTAMENTOS 19-10	903 014,03	143 519,34	1 577	67,60
40	MGGT0040	EDIFICIO IBEROPLAZA	902 958,55	143 512,11	1 567	57,60
41	MGGT0041	EDIFICIO TORRE GRANITO	90 303,77	143 518,58	1 550	40,60
42	MGGT0042	EDIFICIO REAL REFORMA	90 313,52	143 553,46	1 560	50,60
43	MGGT0043	EDIFICIO WESTING CAMINO REAL	903 057,46	143 552,32	1 561	51,60
44	MGGT0044	EDIFICIO ATRIUM	903 011,72	143 529,3	1 519	9,60
45	MGGT0045	TORRE BOTTICELLI 1	902 942,35	143 516,08	1 614	104,60
46	MGGT0046	TORRE BOTTICELLI 2	902 944,41	143 517,82	1 611	101,60

Continuación de la tabla XII.

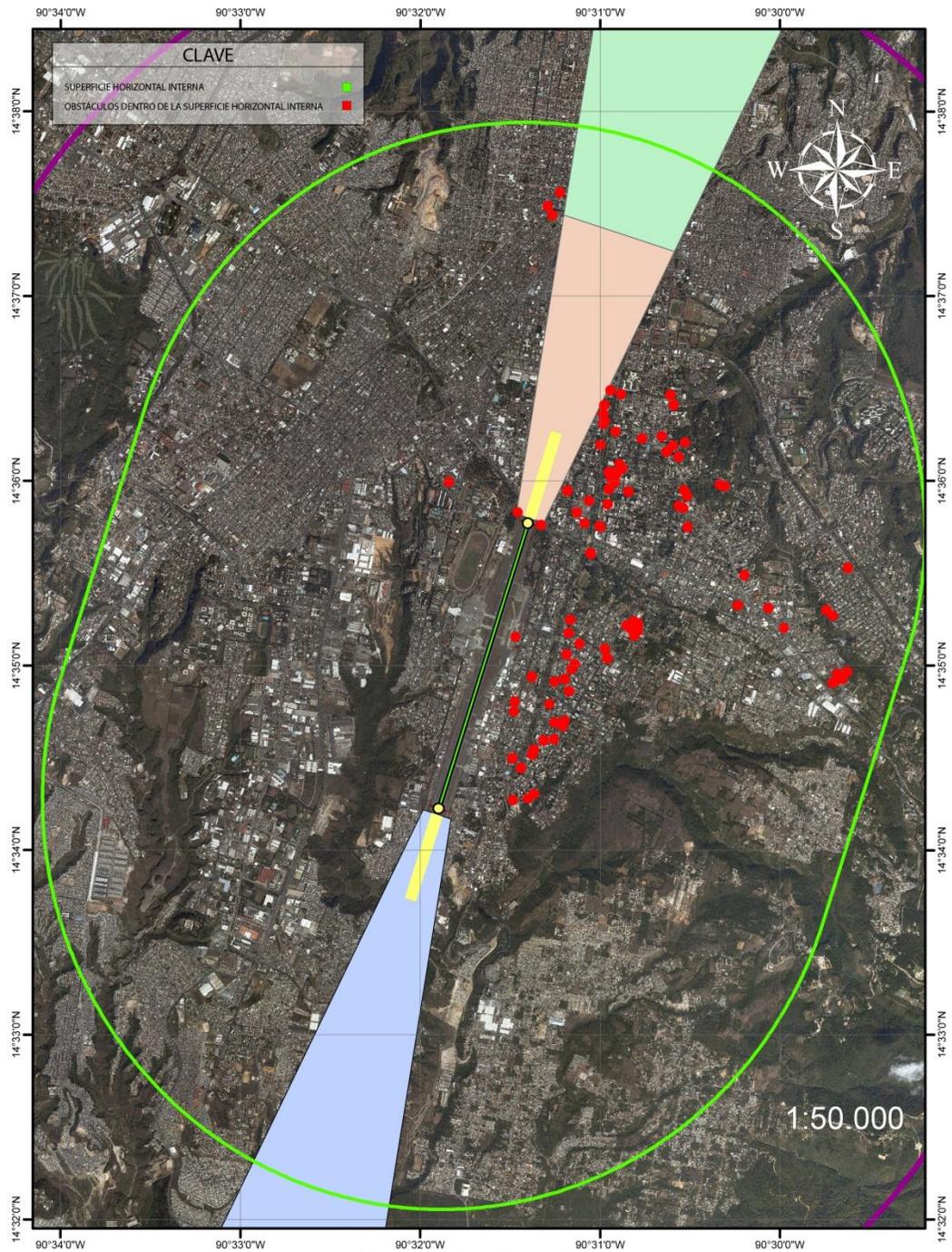
47	MGGT0047	COMPLEJO ZONA PRADERA TORRE 1	902 942,27	143 454,39	1 618	108,60
48	MGGT0048	COMPLEJO ZONA PRADERA TORRE 2	902 940,95	143 455,15	1 619	109,60
49	MGGT0049	COMPLEJO ZONA PRADERA TORRE 3	902 938,87	143 455,74	1 622	112,60
50	MGGT0050	COMPLEJO ZONA PRADERA TORRE 4	902 937,35	143 457,92	1 620	110,60
51	MGGT0051	COMPLEJO ZONA PRADERA TORRE 5	902 940,76	143 457,16	1 572	62,60
52	MGGT0052	HOLLIDAY INN	903 056,97	143 557,29	1 588	78,60
53	MGGT0053	EDIFICIO TOPACIO AZUL	903 050,48	143 556,43	1 580	70,60
54	MGGT0054	EDIFICIO REFORMA MONTUFAR	903 056,78	14 362,76	1 589	79,60
55	MGGT0055	EDIFICIO HOTEL MERCURE CASA VERANA	903 054,3	14 362,31	1 579	69,60
56	MGGT0056	GÉMINIS 10 TORRE 1	903 052,41	14 364,08	1 590	80,60
57	MGGT0057	GÉMINIS 10 TORRE 2	903 053,4	14 365,42	1 590	80,60
58	MGGT0058	EDIFICIO TIFFANY ZONA 10 TORRE 1	903 032,14	143 551,08	1 582	72,60
59	MGGT0059	EDIFICIO TIFFANY ZONA 10 TORRE 2	903 033,69	143 551,72	1 579	69,60
60	MGGT0060	DESIGN CENTER TORRE 1	903 030,84	143 555,03	1 576	66,60
61	MGGT0061	DESIGN CENTER TORRE 2	903 031,88	143 556,91	1 561	51,60
62	MGGT0062	PLAZA SAN MARCO	903 030,67	143 544,85	1 550	40,60
63	MGGT0063	CONDOMINIO MILENIA TORRE 1	903 018,22	143 558,29	1 583	73,60
64	MGGT0064	CONDÓMINO MILENIA TORRE 2	903 019,91	143 558,75	1 583	73,60
65	MGGT0065	BANCO DE LOS TRABAJADORES	903 037,8	14 369,45	1 554	44,60
66	MGGT0066	CENTRO GERENCIAL LAS MARGARITAS TORRE 1	903 033,65	14 367,76	1 583	73,60
67	MGGT0067	CENTRO GERENCIAL LAS MARGARITAS TORRE 2	903 035,67	143 611,29	1 587	77,60
68	MGGT0068	CASA MARGARITA	903 031,57	143 612,42	1 581	71,60
69	MGGT0069	EDIFICIO MEDICO EL SIXTINO	903 039,33	143 614,37	1 555	45,60
70	MGGT0070	EDIFICIO ASEGURADORA GENERAL	903 045,97	143 613,59	1 557	47,60
71	MGGT0071	CENTRO DE NEGOCIOS REFORMA 10	903 054,79	14 3615,81	1 566	56,60
72	MGGT0072	EDIFICIO FAISA	903 059,87	14 3611,66	1 563	53,60
73	MGGT0073	EDIFICIO GALERIAS REFORMA 1	903 058,86	14 3618,4	1 554	44,60
74	MGGT0074	EDIFICIO GALERIAS REFORMA 2	903 058,44	14 3619,49	1 553	43,60
75	MGGT0075	ARISTOS REFORMA	903 058,58	14 3624,53	1 552	42,60
76	MGGT0076	CORPORATIVO GUAYACÁN	903 052,93	14 3628,09	1 571	61,60
77	MGGT0077	SEDE BANTRAB	903 056,47	14 3629,35	1 560	50,60
78	MGGT0078	EDIFICIO MEDICO SIXTINO 1	903 035,34	14 3624,53	1 562	52,60
79	MGGT0079	EDIFICIO TORRE MARFIL	90 3036,5	14 3627,84	1 556	46,60
80	MGGT0105	EDIFICIO SÚPER CENTRO VISTAHERMOSA	902 937,29	143 531,62	1 595	85,60
81	MGGT0118	ÁRBOL	903 119,5881	143 545,4990	1 529,44	20,04
82	MGGT0131	ANTENA	903 150,3590	143 559,5728	1 575	65,60
83	MGGT0133	ANTENA	903 056,9395	143 602,7663	1 575,4	66,00
84	MGGT0134	ANTENA	903 056,3429	143 600,8399	1 581,39	71,99
85	MGGT0135	ANTENA	903 056,9635	143 557,3272	1 575,79	66,39
86	MGGT0136	ANTENA	903 054,8462	143 556,6043	1 581,46	72,06
87	MGGT0137	ANTENA	903 107,7209	143 549,5344	1 556,18	46,78
88	MGGT0138	ANTENA	903 059,8760	143 544,9363	1 574,75	65,35
89	MGGT0139	ANTENA	903 102,9706	143 536,1781	1 563,95	54,55
90	MGGT0140	ANTENA	903 113,2988	143 733,6432	1 560,66	51,26
91	MGGT0146	CHIMENEA	903 110,8855	143 556,7435	1 538,17	28,77
92	MGGT0147	CRUZ	903 115,7944	143 726,2623	1 556,66	47,26
93	MGGT0155	VALLA PUBLICITARIA	903 117,3380	143 729,2889	1 555,57	46,17
94	MGGT0161	TORRE	903 058,9237	143 651,65619	1 502,8093	-6,59
95	MGGT0166	BALIZA	903 100,055386	143 545,33513	1 572,0473	62,65

Fuente: elaboración propia.

Donde X es la elevación total del obstáculo en metros, 1509.3972 metros es la elevación del umbral de la pista 20 y la altura excedida se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$45 \text{ m} \geq X - 1 509,3972 \text{ m.} \quad [\text{Ec. 1}]$$

Figura 13. Obstáculos superficie horizontal interna



Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth.

### 5.1.3. Superficie de aproximación primera sección pista 20

En la superficie de aproximación primera sección de la pista 20, del total de los obstáculos analizados, 49 de ellos se encontraron en esta área. De estos 44 superan la superficie de aproximación en esta pista.

Tabla XIII. **Obstáculos dentro de la superficie de aproximación primera sección de pista 20**

ID	CÓDIGO	NOMBRE	LONGITUD (grados, minutos y segundos)	LATITUD (grados, minutos y segundos)	ELEVACIÓN (X) metros.
1	MGGT0080	EDIFICIO PLAZA ROBLE	90 31 4,27	143 630,95	1 555
2	MGGT0081	EDIFICIO TIVOLI	90 31 7,4	143 632,46	1 549
3	MGGT0082	EDIFICIO SAT	90 31 0,03	143 638,64	1 549
4	MGGT0083	EDIFICIO TORRE AZUL	90 30 58,67	143 638,14	1 556
5	MGGT0084	EDIFICIO TORRE EMPRESARIAL	90 30 59,73	143 639,98	1 556
6	MGGT0085	EDIFICIO SEGUROS UNIVERSALES	90 30 56,38	143 637,4	1 542
7	MGGT0086	EDIFICIO CORTIJO REFORMA	90 30 53,29	143 644,65	1 571
8	MGGT0087	EDIFICIO MASVAL	90 30 52,91	143 646,55	1 554
9	MGGT0088	EDIFICIO EL REFORMADOR	90 30 52,81	143 648,45	1 555
10	MGGT0089	EDIFICIO CÁMARA DE LA INDUSTRIA	90 30 51,4	143 657,5	1 572
11	MGGT0090	EDIFICIO EL TRIANGULO	90 30 56,23	14 370,1	1 578
12	MGGT0091	EDIFICIO CANELLA	90 30 57,05	143 652,53	1 533
13	MGGT0092	TORRE PARQUEOS BANCO INDUSTRIAL	90 31 0,09	14 375,18	1 556
14	MGGT0093	CENTRO FINANCIERO BANCO INDUSTRIAL TORRE1	90 30 58,42	14 376,02	1 578
15	MGGT0094	CENTRO FINANCIERO BANCO INDUSTRIAL TORRE2	90 30 59,1	14 377,23	1 578
16	MGGT0095	CENTRO FINANCIERO BANCO INDUSTRIAL TORRE3	90 30 59,8	14 379,73	1 560
17	MGGT0106	ÁRBOL	90 31 24,46	143 550,96	1 515,243
18	MGGT0107	ÁRBOL	90 31 27,37	143 549,67	1 518,695
19	MGGT0108	ÁRBOL	90 31 27,08	143 550,53	1 519,898
20	MGGT0109	ÁRBOL	90 31 25,68	143 551,32	1 516,609
21	MGGT0110	ÁRBOL	90 31 25,97	143 552,26	1 523,691
22	MGGT0111	ÁRBOL	90 31 22,51	143 554,28	1 517,475
23	MGGT0112	ÁRBOL	90 31 22,80	143 551,58	1515,026
24	MGGT0113	ÁRBOL	90 31 23,52	143 551,04	1 516,816
25	MGGT0114	ÁRBOL	90 31 23,6756	143 559,9722	1 533,46
26	MGGT0115	ÁRBOL	903 118,9263	143 617,5717	1542,68
27	MGGT0116	ÁRBOL	903 119,7222	143 613,2859	1 535,38
28	MGGT0117	ÁRBOL	903 119,5201	143 602,3240	1 526,33
29	MGGT0119	ÁRBOL	903 125,97386	143 552,42555	1 519,956
30	MGGT0120	ÁRBOL	903 125,99478	143 552,96498	1 520,568
31	MGGT0121	ÁRBOL	903 125,28939	143 552,39998	1 517,197
32	MGGT0122	ÁRBOL	903 124,62103	143 552,49665	1 511,73
33	MGGT0123	ÁRBOL	903 123,78688	143 551,58972	1 513,134
34	MGGT0124	ÁRBOL	903 123,39388	143 550,9974	1 513,093
35	MGGT0125	ÁRBOL	903 122,36989	143 550,36533	1 513,096
36	MGGT0126	ÁRBOL	903 122,79692	143 550,14589	1 512,138
37	MGGT0127	ÁRBOL	903 121,97345	143 549,22327	1 512,182
38	MGGT0128	ÁRBOL	903 122,19311	143 548,88806	1 512,297
39	MGGT0129	ESTRUCTURA	903 112,59	143 618,07	1 530,94
40	MGGT0130	ESTRUCTURA	903 106,49	143 626,41	1 538,45
41	MGGT0132	ANTENA	903 122,6060	143 557,4628	1 521,85
42	MGGT0145	TORRE	903 059,75	143 646,81	1 575,345
43	MGGT0148	BALIZA	903 123,3050	143 548,2981	1 514,56

Continuación de la tabla XIII.

44	MGGT0150	VALLA PUBLICITARIA	903 119,06	143 548,12	1 516,529
45	MGGT0151	VALLA PUBLICITARIA	903 123,38	143 552,08	1 515,05
46	MGGT0152	VALLA PUBLICITARIA	903 124,42	143 553,09	1 515,172
47	MGGT0153	VALLA PUBLICITARIA	903 124,35	143 553,41	1516,211
48	MGGT0154	VALLA PUBLICITARIA	903 123,3112	143 551,9489	1 515,6
49	MGGT0160	TORRE	903 102,5117	143 652,33021	1 501,7889

Fuente: elaboración propia.

Utilizando la siguiente fórmula se pueden obtener los resultados dentro de dicha superficie.

$$((X - 1 509,3972 \text{ m}) / (B)) \leq 0,02 \quad [\text{Ec.3}]$$

X= elevación total del obstáculo en metros

B = distancia al umbral correspondiente

Tabla XIV. **Resultados del análisis de obstáculos dentro de la superficie de aproximación primera sección de pista 20**

ID	CÓDIGO	DISTANCIA (B) metros	$((X - 1509.3972 \text{ m}) / (B))$	ALTURA 2%	ALTURA EXCEDIDA (metros)
1	MGGT0080	1499	0,030422148	29,98	15,6228
2	MGGT0081	1508	0,026261804	30,16	9,4428
3	MGGT0082	1767	0,02241245	35,34	4,2628
4	MGGT0083	1770	0,026329266	35,4	11,2028
5	MGGT0084	1808	0,025775885	36,16	10,4428
6	MGGT0085	1780	0,01831618	35,6	-2,9972
7	MGGT0086	2020	0,030496436	40,4	21,2028
8	MGGT0087	2077	0,021474627	41,54	3,0628
9	MGGT0088	2131	0,021399718	42,62	2,9828
10	MGGT0089	2401	0,026073636	48,02	14,5828
11	MGGT0090	2421	0,028336555	48,42	20,1828
12	MGGT0091	2194	0,010757885	43,88	-20,2772
13	MGGT0092	2 533	0,018398263	50,66	-4,0572
14	MGGT0093	2 572	0,026672939	51,44	17,1628
15	MGGT0094	2 602	0,026365411	52,04	16,5628
16	MGGT0095	2 670	0,01895236	53,4	-2,7972
17	MGGT0106	149	0,039233557	2,98	2,8658
18	MGGT0107	148	0,062822973	2,96	6,3378
19	MGGT0108	164	0,064029268	3,28	7,2208

Continuación de la tabla XIV.

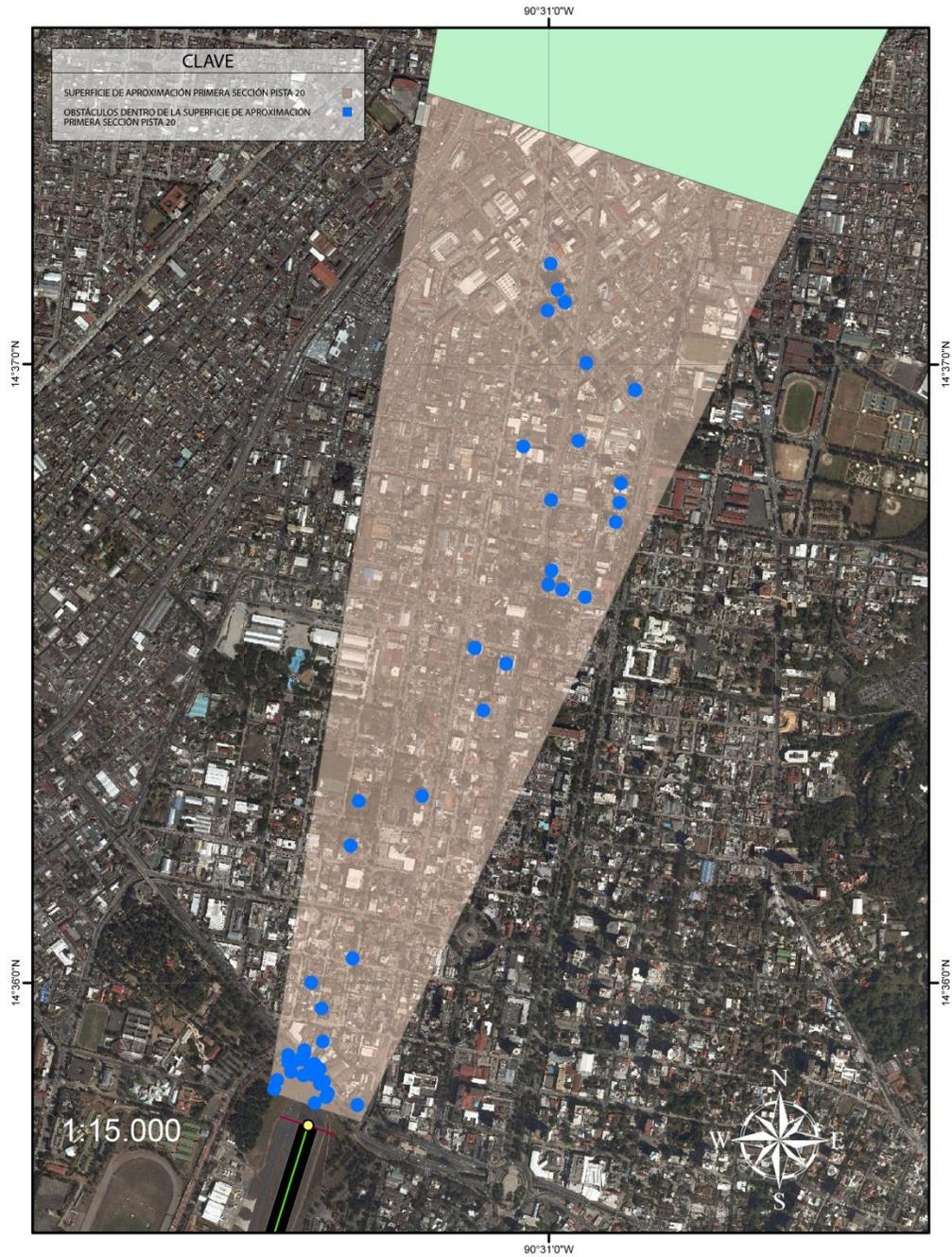
20	MGGT0109	167	0,043184431	3,34	3,8718
21	MGGT0110	197	0,07255736	3,94	10,3538
22	MGGT0111	254	0,031802362	5,08	2,9978
23	MGGT0112	171	0,032916959	3,42	2,2088
24	MGGT0113	151	0,049131126	3,02	4,3988
25	MGGT0114	426	0,056485446	8,52	15,5428
26	MGGT0115	978	0,034031493	19,56	13,7228
27	MGGT0116	844	0,030785308	16,88	9,1028
28	MGGT0117	516	0,032815504	10,32	6,6128
29	MGGT0119	202	0,052271287	4,04	6,5188
30	MGGT0120	218	0,051242202	4,36	6,8108
31	MGGT0121	196	0,039794898	3,92	3,8798
32	MGGT0122	197	0,011841624	3,94	-1,6072
33	MGGT0123	168	0,022242857	3,36	0,3768
34	MGGT0124	151	0,024475497	3,02	0,6758
35	MGGT0125	139	0,026610072	2,78	0,9188
36	MGGT0126	129	0,021246512	2,58	0,1608
37	MGGT0127	113	0,024644248	2,26	0,5248
38	MGGT0128	100	0,028998	2	0,8998
39	MGGT0129	1 039	0,020734167	20,78	0,7628
40	MGGT0130	1 344	0,021616667	26,88	2,1728
41	MGGT0132	351	0,035478063	7,02	5,4328
42	MGGT0145	2 001	0,032957421	40,02	25,9278
43	MGGT0148	70	0,073754286	1,4	3,7628
44	MGGT0150	160	0,04457375	3,2	3,9318
45	MGGT0151	184	0,030721739	3,68	1,9728
46	MGGT0152	214	0,026985047	4,28	1,4948
47	MGGT0153	224	0,03041875	4,48	2,3338
48	MGGT0154	180	0,03446	3,6	2,6028
49	MGGT0160	2 125	-0,003580376	42,5	-50,1083

Fuente: elaboración propia.

Donde la distancia (B) se determina gráficamente midiendo desde la posición de cada obstáculo, hasta el umbral de pista correspondiente; La altura máxima dentro de esta superficie con pendiente de 2 % que debe de tener el obstáculo en esa posición, se determina mediante la multiplicación de  $B \cdot 0,02$ . Entonces para determinar el resultado de la altura que excede o penetra esta superficie se hace la diferencia entre altura que debiese tener el obstáculo en determinado posición respecto a la pendiente de 2 %, y la resta de  $(X - 1\ 509,3972)$ .

Según el resultado final obtenido del análisis correspondiente a esta superficie 4 de los obstáculos no sobrepasan el límite de altura en la misma.

Figura 14. **Obstáculos dentro de la superficie de aproximación primera sección de pista 20**



Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth.

#### 5.1.4. Superficie de aproximación segunda sección pista 20

En la superficie de aproximación segunda sección de la pista 20 se localizaron 14 obstáculos situados en la misma. Estas estructuras se encuentran situadas a lo largo de la 7a. avenida de la zona 9 de la ciudad de Guatemala y las cuales ninguna supero la altura permitida correspondiente para esta sección. Entonces esta parte la superficie de aproximación no está limitada por obstáculos que la superen.

Tabla XV. **Obstáculos dentro de la superficie de aproximación segunda sección de pista 20**

ID	CÓDIGO	NOMBRE	LONGITUD (grados, minutos y segundos )	LATITUD (grados, minutos y segundos)	ELEVACIÓN (X) metros
1	MGGT0096	CENTRO COMERCIAL DE LA ZONA 4	90 312,56	143 730,2	1 552
2	MGGT0097	ANTENA 1 CENTRO COMERCIAL ZONA 4	90 312,58	143 730,23	1 566
3	MGGT0098	ANTENA 2 CENTRO COMERCIAL ZONA 4	90 310,19	143 730,6	1 566
4	MGGT0099	GRAN TEATRO NACIONAL	90 314,16	143 736,37	1 554
5	MGGT0100	EDIFICIO TORRE CAFÉ	903 054,66	143 727,58	1 565
6	MGGT0101	INGUAT	903 052,62	143 728,59	1 558
7	MGGT0102	BANCO DE GUATEMALA	903 049,68	143 733,91	1 565
8	MGGT0103	EDIFICIO TORRE DE TRIBUNALES	903 047,3	143 735,59	1 576
9	MGGT0104	MINISTERIO DE FINANZAS PUBLICAS	903 047,13	14 340,7	1 573
10	MGGT0141	ANTENA	903 103,9347	143 736,4392	1 558,53
11	MGGT0142	ANTENA	903 102,4338	143 730,4485	1 558,84
12	MGGT0143	ANTENA	903 100,0057	143 730,7502	1 561,76
13	MGGT0144	ANTENA	903 052,2449	143 728,8249	1 554,29
14	MGGT0149	BALIZA	903 054,6670	143 727,6654	1 548,73

Fuente: elaboración propia.

Utilizando la siguiente fórmula se pueden obtener los resultados dentro de dicha superficie.

$$((X - 1 509,3972 \text{ m}) / (B)) \leq 0,025 \quad [\text{Ec. 4}]$$

X= elevación total del obstáculo en metros

B = distancia al umbral correspondiente

Tabla XVI. **Resultados del análisis de obstáculos dentro de la superficie de aproximación segunda sección de pista 20**

ID	CÓDIGO	ALTURA EXCEDIDA (metros)	$((X - 1509.3972 \text{ m})/(B))$	B (metros)	altura al 2,5% (metros)
1	MGGT0096	-38,9472	0,013060331	3262	81,55
2	MGGT0097	-24,9472	0,017352177	3262	81,55
3	MGGT0098	-25,6222	0,017209729	3289	82,225
4	MGGT0099	-41,3972	0,01296593	3440	86
5	MGGT0100	-25,3722	0,017166656	3239	80,975
6	MGGT0101	-33,5472	0,01479087	3286	82,15
7	MGGT0102	-31,0972	0,016033103	3468	86,7
8	MGGT0103	-21,8722	0,018819667	3539	88,475
9	MGGT0104	-28,6472	0,017236531	3690	92,25
10	MGGT0141	-36,8422	0,014286944	3439	85,975
11	MGGT0142	-32,3072	0,015120122	3270	81,75
12	MGGT0143	-29,8622	0,015920584	3289	82,225
13	MGGT0144	-37,5072	0,013620388	3296	82,4
14	MGGT0149	-71,6172	0,008862731	4438	110,95

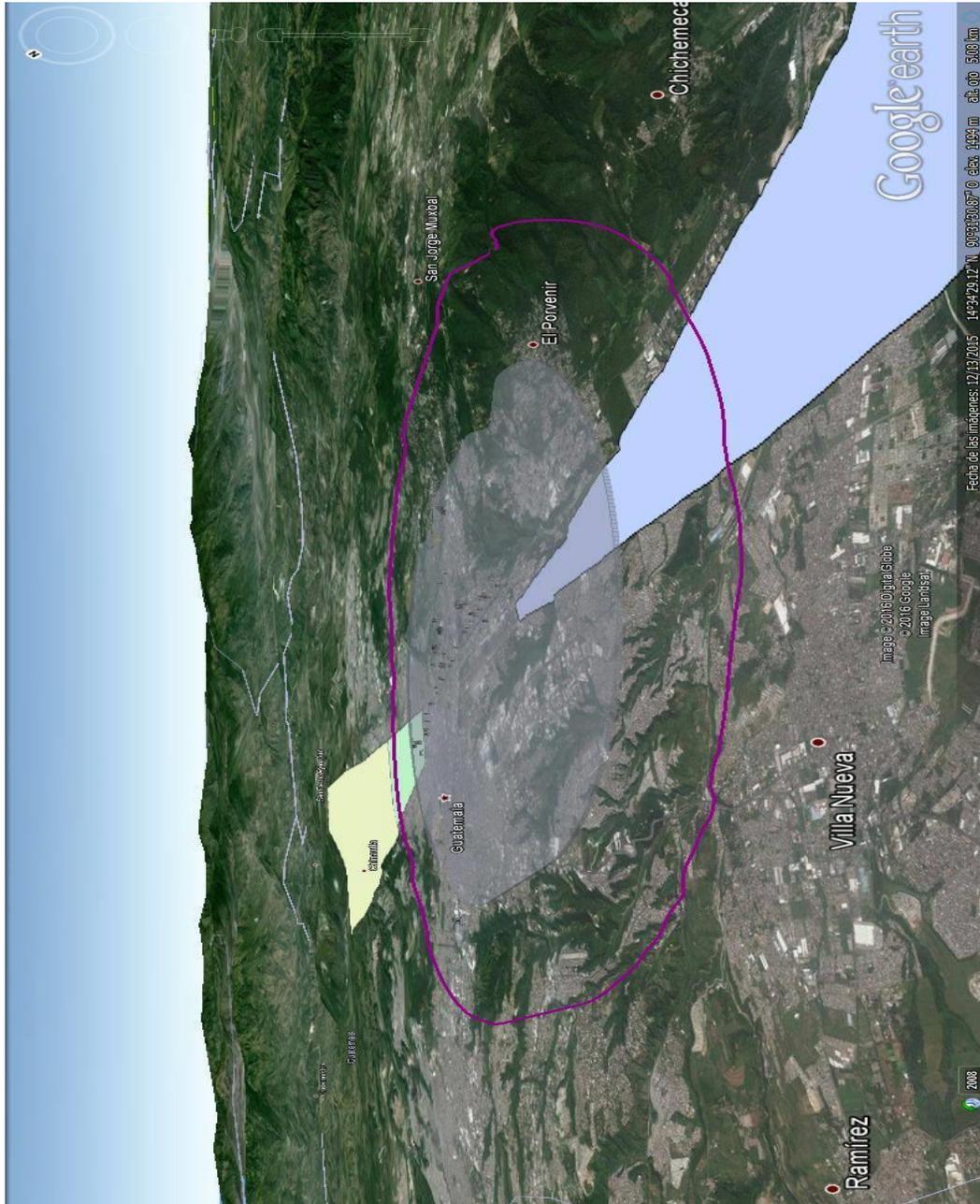
Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Obstáculos dentro de la superficie de aproximación segunda sección de pista 20**



Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth.

Figura 16. **Ubicación geográfica de las superficies limitadoras de obstáculos**



Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth.

Figura 17. Obstáculos que superan los límites



Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth.

## CONCLUSIONES

1. Se estudiaron los obstáculos proporcionados por los diferentes entes generadores de datos aeronáuticos, para el estado de Guatemala, en las superficies limitadoras de obstáculos. Las cuales fueron creadas a partir de las normas y recomendaciones de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), citadas en sus anexos correspondientes, las cuales se adecuan a la actual infraestructura del Aeropuerto Internacional La Aurora.
2. Se examinaron los datos obtenidos y se observó que algunos de estos se localizaban dentro de los límites de las áreas delimitadas. Otros se encontraban fuera de los mismos, por cual todos fueron publicados en este documento para un análisis completo de los obstáculos adyacentes.
3. Se desarrolló el levantamiento topográfico deseado, por el personal de infraestructura aeronáutica, también se tomaron datos a partir de ortofotos proporcionadas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), y modelos de elevación digital.
4. Se elaboró una herramienta práctica utilizando hojas de cálculo, para determinar la limitación que debe tener cualquier estructura aledaña al aeropuerto, y así garantizar que las superficies se encuentren libres de nuevos obstáculos y así garantizar la seguridad de la navegación aérea.

5. Se brindó a la DGAC, Departamento de Servicios de Información Aeronáutica (AIS), todos los datos de obstáculos analizados en formato digital, y un análisis geoespacial de la situación actual de todas las estructuras, o árboles analizados en formatos KML y Shape. Esto para darle seguimiento al mismo y así plotear las coordenadas correspondientes a nuevas solicitudes.

## RECOMENDACIONES

1. Darle seguimiento adecuado al análisis de los obstáculos existentes y de nueva incorporación dentro de las superficies limitadoras en el aeropuerto Internacional La Aurora. Esto por parte del personal de cartografía aeronáutica e infraestructura, mediante la herramienta de análisis de superficies limitadoras de obstáculos creada.
2. Examinar en un tiempo prudente el crecimiento de los obstáculos naturales, el personal de infraestructura aeronáutica dentro de las áreas aledañas al Aeropuerto. Esto con el fin de garantizar el libre y seguro desarrollo de la navegación aérea.
3. Continuar los levantamientos topográficos programados por infraestructura aeronáutica. Esto de forma adecuada para garantizar las alturas mínimas que debiesen tener los obstáculos que se encuentran dentro de las diferentes superficies limitadoras de los mismos.
4. Utilizar la herramienta proporcionada a cartografía aeronáutica e infraestructura, para la facilitación de limitación de obstáculos en las diferentes superficies limitadoras de obstáculos.
5. Continuar con el mantenimiento de información y recopilación de datos aeronáuticos por parte del departamento de Servicios de Información Aeronáutica (AIS), para garantizar una correcta publicación, en la AIP. Esto para la utilización de los diferentes usuarios como pilotos aéreos,

gestores de información y diseñadores de procedimientos de aeronaves.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Congreso de la República de Guatemala. *Ley de Aviación Civil. Decreto 93-2000.*
2. \_\_\_\_\_. *Reglamento de la Ley de Aviación Civil. Acuerdo Gubernativo No. 984-2001.*
3. Organización de Aviación Civil. *Aeródromos Anexo 14.* Canadá: OACI, 2013. 159 p.
4. \_\_\_\_\_. *Cartas Aeronáuticas Anexo 4.* Canadá: OACI, 2009. 126 p.
5. \_\_\_\_\_. *Servicios de Información Aeronáutica Anexo 15.* Canadá: OACI, 2013. 138 p.
6. \_\_\_\_\_. *Gestión del Tránsito Aéreo.* Canadá: OACI, 2007. 147 p.
7. \_\_\_\_\_. *Manual para los Servicios de Información Aeronáutica Doc. 8126.* Canadá: OACI, 2003. 154 p.
8. \_\_\_\_\_. *Manual del sistema geodésico mundial 1984 (WGS-84) Doc. 9674.* Canadá: OACI, 2002. 96 p.

9. ROY LANGRIDGE, Kathryn Miles. *Manual de datos electrónicos de terreno y obstáculos*. Bélgica: Eurocontrol, 2011. 196 p.

# ANEXOS

## Anexo 1. Requisitos generales



### ANTENAS, TORRES, ROTULOS PUBLICITARIOS Y OTROS

Base legal ley de Aviación decreto 93-2000, Reglamento de la Ley de Aviación Civil y Acuerdo  
Gubernativo No. 384-2001

**REQUISITOS:**

1. **Solicitud dirigida al Director de la DGAC.** Que contenga datos generales de la persona individual o jurídica que suscribe la solicitud, correo electrónico, calidad con que actúa, dirección y teléfono para recibir notificaciones dentro de la ciudad capital y el motivo de su comparecencia.
2. **Copia de documento de Identificación de Solicitante.**
3. **Acreditar la calidad con que actúa** (cuando sea una sociedad mercantil, civil o asociación.)
4. **Copia del testimonio de la escritura de constitución de sociedad** (debidamente inscrita en el registro correspondiente.)
5. **Copia de patente de sociedad, (esta es para garantizar que se inscribió la sociedad y que esto no será una sociedad de hecho).**
6. **Certificación del bien inmueble extendida por el Registro General de la Propiedad, o Certificación Electrónica** (para saber si es el propietario o inquilino o bien para determinar en qué forma hace uso del goce de la propiedad.) si es inquilino el contrato q indique el derecho de poder construir ahí según el permiso que solicite, Antena, torres etc...
7. **Plano de localización del terreno** en la que efectuara la construcción,
8. El plano de punto anterior deberá de venir firmado por arquitecto o ingeniero Civil con **colegiado activo** (esto se subsana con la colocación de la fotocopia del carné donde indica que esta colegiado y que está activo hasta determinada fecha, en base al artículo 7 de la ley de colegiación profesional)
9. Indicar **la elevación del terreno** en el cual se localizará el objeto, está elevación dada en metros sobre el nivel del mar.
10. **Libreta de topografía** (con lo cual se respalda la obtención de la información anterior, llamada COTA)
11. Indicar **la altura del objeto** en metros.
12. Dentro de la solicitud o en oficio separado con firma de la persona legitimada dentro del expediente, deberá de **manifestar el compromiso** de efectuar la señalización correspondiente e indicada por la Dirección, **En Declaración Jurada**
13. Copia de comprobante de pago para obtener dictamen, el cual se deberá verificar ante el Departamento de Cobros. (se debe de cancelar un recibo por proyecto el cual debe de describir el nombre del mismo)

**NOTA IMPORTANTE:**

TODOS LOS PLANOS Y LIBRETAS TOPOGRAFICAS DEBEN ESTAR FIRMADOS, SELLADOS Y CON TIMBRE DEL PROFESIONAL RESPONSABLE

EN CASO DE NO PRESENTAR LA DOCUMENTACION COMPLETA EL DEPARTAMENTO JURIDICO NO ACEPTA DICHA SOLICITUD PARA SU TRAMITE.

9 Ave. 14-75, Zona 13 Guatemala, Guatemala PBX: (502) 2321-5000 / (502) 2321-5400  
E-Mail: direccion@dgac.gob.gt

Fuente: Gobierno de Guatemala, Dirección General de Aeronáutica Civil.

## Anexo 2. Control de alturas de vallas

	Última revisión:
	03 de julio de 2012
<b>Control de Alturas de Vallas</b> <b>Departamento de Infraestructura Aeroportuaria</b>	
Nombre del Sitio:	<input type="text"/>
Dirección del Sitio:	<input type="text"/>
Municipio:	<input type="text"/>
Departamento:	<input type="text"/>
Empresa Solicitante:	<input type="text"/>
Teléfonos:	<input type="text"/>
Correo electrónico:	<input type="text"/>
Coordenadas geodésicas:	
Latitud: <input type="text"/> grados <input type="text"/> min. <input type="text"/> sec.	Longitud: <input type="text"/> grados <input type="text"/> min. <input type="text"/> sec.
Elevación de base de la Valla (msnm):	<input type="text"/>
Altura final (m):	<input type="text"/>
Observaciones: (por Departamento de Infraestructura Aeroportuaria)	<input type="text"/>
_____ Nombre, firma y sello (puesto) Propietario, Empresa o Rep. Legal	_____ Nombre, firma y sello del Profesional Responsable o Empresa Constructora
<b>Dirección General de Aeronáutica Civil</b> <a href="http://www.dgac.gob.gt">www.dgac.gob.gt</a> - <a href="http://www.dgac.guate.com">www.dgac.guate.com</a> 9av 14-75, Zona 13, Ciudad de Guatemala PBX: 2321-5328 al 30	

Fuente: Dirección General de Aeronáutica Civil.

Anexo 3. Control de alturas de torres

 Gobierno de Guatemala <small>Presidencia Republicana de Guatemala 2008</small>	 DGAC <small>DIRECCIÓN GENERAL DE AERONÁUTICA CIVIL</small>	Última revisión:
<b>Control de Alturas de Torres de Comunicaciones</b> <b>Departamento de Infraestructura Aeroportuaria</b>		<input type="checkbox"/> Telefonía <input type="checkbox"/> Radio
Nombre del Sitio:	<input type="text"/>	
Dirección del Sitio:	<input type="text"/>	
Municipio:	<input type="text"/>	Departamento: <input type="text"/>
Empresa Solicitante:	<input type="text"/>	
Teléfonos:	<input type="text"/>	
Correo electrónico:	<input type="text"/>	
Coordenadas geodésicas:		
Latitud:	<input type="text"/> grados <input type="text"/> min. <input type="text"/> sec.	Longitud: <input type="text"/> grados <input type="text"/> min. <input type="text"/> sec.
Elevación de base de la torre (msnm):	<input type="text"/>	
Altura final (m):	<input type="text"/>	
Observaciones: (por Departamento de Infraestructura Aeroportuaria)	<input type="text"/>	
_____ Nombre, firma y sello (puesto) Propietario, Empresa o Rep. Legal	_____ Nombre, firma y sello del Profesional Responsable o Empresa Constructora	
<small>Dirección General de Aeronáutica Civil <a href="http://www.dgac.gob.gt">www.dgac.gob.gt</a> - <a href="http://www.dgacquate.com">www.dgacquate.com</a> 9av 14-75, Zona 13, Ciudad de Guatemala PBX: 2321-5328 al 30</small>		

Fuente: Dirección General de Aeronáutica Civil.

## Anexo 4. Control de altura de edificios

	Última revisión:
	04 de julio de 2012
<b>Control de Alturas de Edificios</b> <b>Departamento de Infraestructura Aeroportuaria</b>	
Nombre de la obra:	<input type="text"/>
Dirección de la obra:	<input type="text"/>
Municipio:	<input type="text"/>
Departamento:	<input type="text"/>
Finca:	<input type="text"/>
Libro:	<input type="text"/>
Folio:	<input type="text"/>
Nombre del propietario:	<input type="text"/>
Teléfonos:	<input type="text"/>
Correo electrónico:	<input type="text"/>
Nombre del constructor:	<input type="text"/>
Teléfonos:	<input type="text"/>
Correo electrónico:	<input type="text"/>
Coordenadas geodésicas:	
Latitud:	<input type="text"/> grados <input type="text"/> min. <input type="text"/> sec.
Longitud:	<input type="text"/> grados <input type="text"/> min. <input type="text"/> sec.
Cota de banqueta de la obra: (msnm):	<input type="text"/>
Altura total del edificio (m):	<input type="text"/>
_____ Nombre, firma y sello (puesto) Propietario, Empresa o Rep. Legal	_____ Nombre, firma y sello del Profesional Responsable o Empresa Constructora
<b>Dirección General de Aeronáutica Civil</b> <a href="http://www.dgac.gob.gt">www.dgac.gob.gt</a> - <a href="http://www.dgacguate.com">www.dgacguate.com</a> 9av 14-75, Zona 13, Ciudad de Guatemala PBX: 2321-5328 al 30	

Fuente: Dirección General de Aeronáutica Civil.

## Anexo 5. Guía complementaria control de altura de edificios

 <p>DIRECCION GENERAL DE AERONAUTICA CIVIL</p>	<p>Última revisión:</p> <p>04 de julio de 2012</p>
---	--

**Documentos complementarios para Control de Alturas de Edificios**

ADJUNTAR:

- Solicitud dirigida al director de la DGAC.
- Planos de localización, ubicación y nivelación. (hoja tamaño oficio).
- Planos arquitectónicos (plantas, secciones, elevaciones a escala legible en hoja doble oficio y digital en formato .dwg
- Carta del IGN indicando el banco de marca (BM) más cercano al sitio referido.
- Libreta topográfica y en digital en formato .xls.
- Copia de pago de Q800.00 realizado en Banco BANRURAL. (ubicado en 1er. Nivel del Edificio de DGAC).

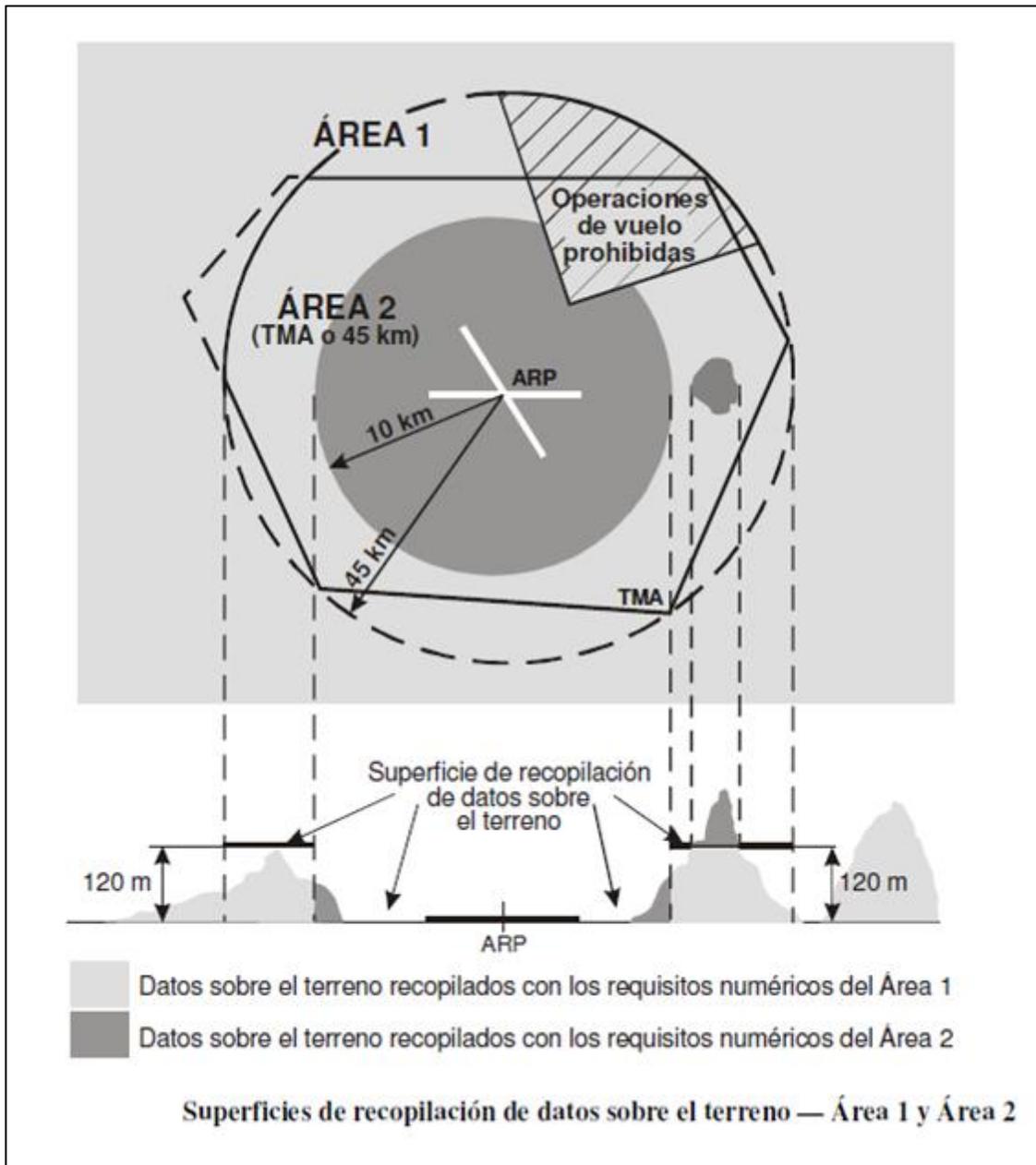
NOTAS:

- Todos los planos y la libreta topográfica deben estar firmados, sellados y con timbre del profesional responsable.
- La solicitud de pago respectiva debe solicitarse en el Departamento de Infraestructura. (3er. Nivel del Edificio de DGAC).
- Expedientes incompletos no serán aceptados.

Dirección General de Aeronáutica Civil  
[www.dgac.gob.gt](http://www.dgac.gob.gt) - [www.dgacguate.com](http://www.dgacguate.com)  
9av 14-75, Zona 13, Ciudad de Guatemala  
PBX: 2321-5328 al 30

Fuente: Dirección General de Aeronáutica Civil.

Anexo 6. **Requisitos para los datos sobre el terreno y los obstáculos**



Fuente: Dirección General de Aeronáutica Civil.