



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA

CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA CIVIL

**ESTUDIO: EVALUACIÓN DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE
GUANAJUATO MEDIANTE EL CAPÍTULO 3 DEL ANEXO 14**

T E S I N A

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

ESPECIALISTA EN VÍAS TERRESTRES

PRESENTA:

ING. MARTÍN ISRAEL BALCÁZAR HERRADA

DIRECTOR DE TESINA: **ING. FEDERICO DOVALÍ RAMOS**

CIUDAD DE MÉXICO

MAYO 2017

DEDICADO

A Dios, por ser la roca donde todo se cimentó.

A Angélica, por apoyar al niño que fui, por formar al hombre que hoy soy y por todo el amor con el que siempre lo ha hecho y me ha dado. A Luis Martín, por brindarme muchas oportunidades, sus consejos de vida y su amor.

A mi abuela Mirthala, por ser un pilar fundamental en estos logros y brindarme su incansable ayuda con todo el amor.

A Lilia, por ser mi compañera de vida; por llenar mi vida de sueños, risas y momentos inolvidables; por darme siempre el ejemplo de una persona noble y su apoyo incondicional.

A mis amigos, por todas las risas, consejos y por impulsarme a ser mejor.

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVO PARTICULAR	2
1 ANTECEDENTES	2
1.1 HISTORIA DE LA AVIACIÓN EN MÉXICO	2
1.2 LA IMPORTANCIA DE LA AVIACIÓN PARA EL DESARROLLO DEL PAÍS	3
1.3 LA AVIACIÓN EN MÉXICO	6
1.4 LA AVIACIÓN EN EL ESTADO DE GUANAJUATO	7
2 MARCO TEÓRICO	8
2.1 DEFINICIÓN DE AEROPUERTO	8
2.1.1 Tipos de aeropuerto	8
2.2 ELEMENTOS DEL LADO AIRE DE UN AEROPUERTO	10
2.2.1 Pista de vuelo	10
2.2.2 Plataformas	10
2.2.3 Calles de Rodaje	12
2.3 ÁREA DE INFLUENCIA	12
3 DESCRIPCIÓN DEL AEROPUERTO Y ZONA DE ESTUDIO	12
3.1 ZONA METROPOLITANA DE LEÓN: LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS	12
3.2 DELIMITACIÓN DE LA ZONA METROPOLITANA DE LEÓN	14
3.3 ACTIVIDADES INDUSTRIALES Y ECONÓMICAS	14
3.4 DESCRIPCIÓN DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE GUANAJUATO	15
3.4.1 Características del Aeropuerto Internacional de Guanajuato	16
3.4.2 Aerolíneas	20
3.4.3 Salidas de vuelos (Destinos)	20
3.4.4 Número de pasajeros	22
3.5 ANEXO 14	22
3.6 CAPÍTULO 3 DEL ANEXO 14	23
4 METODOLOGÍA	38
4.1 ANÁLISIS FODA	38
4.1.1 Fortalezas	38
4.1.2 Oportunidades	39
4.1.3 Debilidades	39
4.1.4 Amenazas	39
4.2 EVALUACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL AIG	39
4.2.1 Pistas	39
4.2.2 Plataforma de viraje en la pista	45
4.2.3 Franja de pista	47
4.2.4 Áreas de seguridad de extremo de pista	48

4.2.5	Calles de rodaje.....	50
4.2.6	Plataformas.....	53
5	ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES.	55
6	BIBLIOGRAFÍA.....	56

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1.	Posición de las distintas infraestructuras de México a nivel mundial	4
Imagen 2.	Torre de control del Aeropuerto Internacional de Guanajuato	7
Imagen 3.	Municipios que conforman la Zona Metropolitana de León	13
Imagen 4.	Ciudades cercanas al Aeropuerto Internacional de Guanajuato	16
Imagen 5.	Áreas del Aeropuerto Internacional de Guanajuato.....	17
Imagen 6.	Configuración de una plataforma de viraje típica	27
Imagen 7.	Uniones e intersecciones de calles de rodaje	33
Imagen 8.	Ángulo de intersección de una calle de salida rápida	35
Imagen 9.	Rosa de Vientos con el coeficiente de utilización.....	40
Imagen 10.	Umbral de la pista en ambos extremos	41
Imagen 11.	Ancho de pista.....	41
Imagen 12.	Pendiente de pista.....	42
Imagen 13.	Pendientes transversales	43
Imagen 14.	Márgenes de pista	44
Imagen 15.	Pendientes de los márgenes de pista.....	45
Imagen 16.	Diseño de una plataforma de viraje.....	45
Imagen 17.	Plataforma de viraje en la pista 13.....	46
Imagen 18.	Plataforma de viraje en la pista 31	46
Imagen 19.	Zona con la plataforma de viraje teórica.....	47
Imagen 20.	Franja de pista en el Aeropuerto Internacional de Guanajuato	48
Imagen 21.	Áreas de seguridad de extremo de pista	49
Imagen 22.	Distancias para las áreas de seguridad de extremo de pista	49
Imagen 23.	Ancho de la RESA	50
Imagen 24.	Calles de rodaje	51
Imagen 25.	La nueva calle de rodaje paralela a la pista.	51
Imagen 26.	Plano muestra de la ampliación de curva de acceso.....	52
Imagen 27.	Ancho de calle de rodaje	53
Imagen 28.	Distancias entre puestos de estacionado.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación alfanumérica de los aeropuertos de acuerdo a la longitud de pista.....	9
Tabla 2. Clasificación alfanumérica de los aeropuertos de acuerdo a su ancho de pista.....	10
Tabla 3. Presencia de la industria automotriz en el estado de Guanajuato	15
Tabla 4. Características generales del Aeropuerto Internacional de Guanajuato.	16
Tabla 5. Características de la pista	17
Tabla 6. Aerolíneas presentes en el AIG	20
Tabla 7. Destinos de los vuelos ofertados en el Aeropuerto Internacional de Guanajuato	21
Tabla 8. Número de pasajeros en el AIG en los años 2015-2016	22
Tabla 9. Anchura de pista recomendada	25
Tabla 10. Distancia libre entre cualquier rueda del tren de aterrizaje y el borde de plataforma de viraje.....	28
Tabla 11. Distancia libre entre la rueda exterior del tren principal del avión y el borde de la calle de rodaje.....	31
Tabla 12. Anchura de la parte rectilínea de una calle de rodaje	32
Tabla 13. Distancias mínimas de separación de las calles de rodaje	34
Tabla 14. Márgenes de separación en los puestos de estacionamiento de aeronave.....	37
Tabla 15. Puntos de análisis para determinar la dimensión del ancho de pista	44

INTRODUCCIÓN

El trabajo realizado tiene como principal objetivo reflejar las características y condiciones actuales del Aeropuerto Internacional de Guanajuato con el fin de establecer un panorama ante un futuro en el que el país está pidiendo mayor competitividad por parte de la infraestructura y servicio del transporte; para conocer las fallas que puede tener un aeropuerto desde su infraestructura, raíz de problemas que se pueden presentar cuando se desee dar un mayor servicio o la demanda de la ciudad así lo exija.

Las características físicas fueron el principal objeto de análisis de este trabajo comparándolo con algunos de los apartados del Capítulo 3 del Anexo 14 que se podían verificar de manera remota, es decir, aquellos elementos que por falta de permisos y de poder acudir de manera presencial al aeropuerto, se pudieran analizar. En específico se analizó la pista, las calles de rodaje, las áreas de seguridad en el extremo de la pista, las plataformas de viraje y la plataforma de estacionamiento. Algunos apartados tales como las pendientes de las plataformas y los márgenes se dejaron de lado por considerarse que el método de análisis es falto de precisión, sin embargo, para la pista sí se obtuvo la pendiente con el objeto de servir de referencia y ser considerada el elemento de mayor relevancia.

Por razones similares, los análisis de resistencia del pavimento y de la superficie en todos los elementos se dejaron también de lado por no contar con un método adecuado de evaluación pues se requiere maquinaria y herramienta especializada para poder determinar factores como la resistencia y el coeficiente de fricción.

Los problemas que detienen el progreso del país son bastos y este es sólo uno de ellos, la carencia de darle importancia a uno de los aeropuertos más importantes de México es un reflejo de una falta de mayor organización y exigencia por parte del gobierno a los concesionarios responsables de la operación y mantenimiento de la infraestructura que compone un aeropuerto. El trabajo busca ubicar algunas de las áreas en las que se puede mejorar y en las que se debe de prestar atención para un aeropuerto que puede ser considerado como el alma y motor de un todo un estado.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Dar un panorama sobre las condiciones actuales del Aeropuerto Internacional de Guanajuato así como los retos y oportunidades futuras.

Objetivo particular

- Realizar una verificación del cumplimiento de lo establecido en el capítulo 3 del Anexo 14 al convenio sobre aviación civil de las condiciones actuales de la pista del Aeropuerto Internacional de Guanajuato.
- Determinar las oportunidades y amenazas a las que se enfrenta el aeropuerto tomando en cuenta sus propias fortalezas y debilidades.

1 ANTECEDENTES

1.1 Historia de la aviación en México

La aviación en México comenzó desde principios del siglo XX, con vuelos sencillos y vuelos principalmente de prueba. La necesidad de controlar y normar las actividades de la aviación civil llevó a la creación en 1920 de la Sección Técnica de Navegación Aérea, que formaba parte como una dependencia de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas (SCOP). Esta sección se transformó, por acuerdo presidencial, en el Departamento de Aeronáutica Civil en 1928.

El 12 de julio de 1921 la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas otorgó la primera concesión para el transporte aéreo de pasajeros, correo y exprés a la Compañía Mexicana de Transportación Aérea (CMTA) fundada por los norteamericanos Winship, Hammond y Lawson. Las rutas se establecieron entre las ciudades de México, Tuxpan y Tampico. Para 1924 la CMTA se convirtió en la Compañía Mexicana de Aviación.

En 1929 se estableció la primera ruta comercial internacional de la aviación mexicana, al operar la ruta Brownsville-Tampico-México por parte de la Compañía Mexicana de Aviación.

En 1943 se le otorgó al Puerto Aéreo Central de la Ciudad de México la categoría de Aeropuerto Internacional. A pesar de que ya se le conocía como el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, no fue hasta el 2 de diciembre de 1963 que el Secretario de Comunicaciones y Transportes, Walter Buchanan, dictó un acuerdo que lo denominaba oficialmente de esa manera.

La historia de las administraciones ha tenido que ir de la mano con el crecimiento de la aviación en nuestro país. Ya contando con el Departamento de Aeronáutica Civil fue necesario dotar de mayores responsabilidades a las instancias que se encargaban de los aeropuertos. El 6 de agosto de 1952 el Departamento de Aeronáutica Civil se transformó en la Dirección de Aeronáutica Civil en el que recaería la responsabilidad de cumplir y garantizar las normas de seguridad que se exigía en los organismos internacionales.

Aun a pesar de que se contaba con los organismos necesarios para vigilar los aeropuertos, estos pronto se vieron superados por el crecimiento de la industria de la aviación, el desarrollo de las aeronaves y el incremento de la navegación aérea, por lo que el gobierno federal debió tomar una serie de decisiones para solucionar los problemas de fondo y crear los medios necesarios para garantizar el desarrollo de la actividad y la inversión requerida para que se consolidara la aviación en México.

De este esfuerzo surgió en 1961 el Plan Nacional de Aeropuertos que estableció la creación de dos entidades nuevas, la Dirección General de Aeropuertos (DGA) como dependencia de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas (SOP), el cual se encargaría de planear, construir y equipar todos los aeropuertos de la república; y el organismo descentralizado Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) como dependencia de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) a la que se le asignó la responsabilidad y las tareas de operar, administrar y conservar todos los aeropuertos civiles del país que fueron operados por la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), así como todas las obras que realizara la DGA.

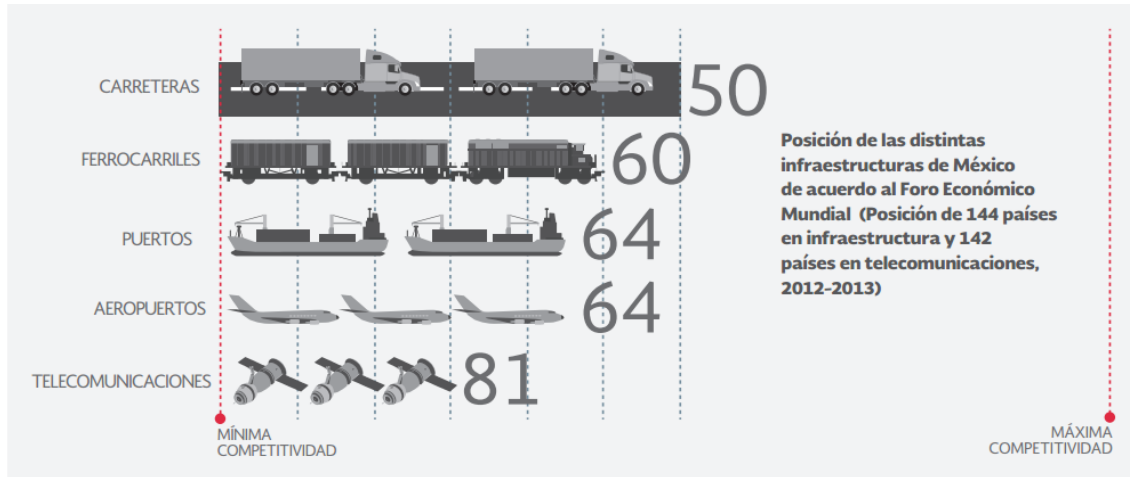
Actualmente además presta los servicios de abastecimiento de combustible, asistencia técnica y consultoría; participa en investigaciones de desarrollo tecnológico en materia aeronáutica y aeroportuaria y colabora con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en materia de regulación, verificación y supervisión de aeropuertos de acuerdo a su página oficial.

1.2 La importancia de la aviación para el desarrollo del país

Las condiciones de desarrollo y prosperidad en un país están determinadas, entre otros factores, por su capacidad de comunicar su territorio. Las carreteras son las vías más importantes pues por ellas circulan la gran mayoría de las personas y de los productos que se comercializan. De acuerdo al Programa de Inversiones 2013-2018 alrededor del 55% del volumen de la carga y el 81% de su valor se mueven en autotransporte, así como el 96% de los pasajeros.

A nivel mundial México tiene una gran brecha que cubrir pues se encuentra en competitividad lejos inclusive de países latinoamericanos. Según datos del Reporte Global de Competitividad 2012-2013, México se encuentra en el lugar número 50 en carreteras, 60 en ferrocarriles y 64 en puertos y aeropuertos de 144 países.

Imagen 1. Posición de las distintas infraestructuras de México a nivel mundial



Fuente: Foro Económico Mundial

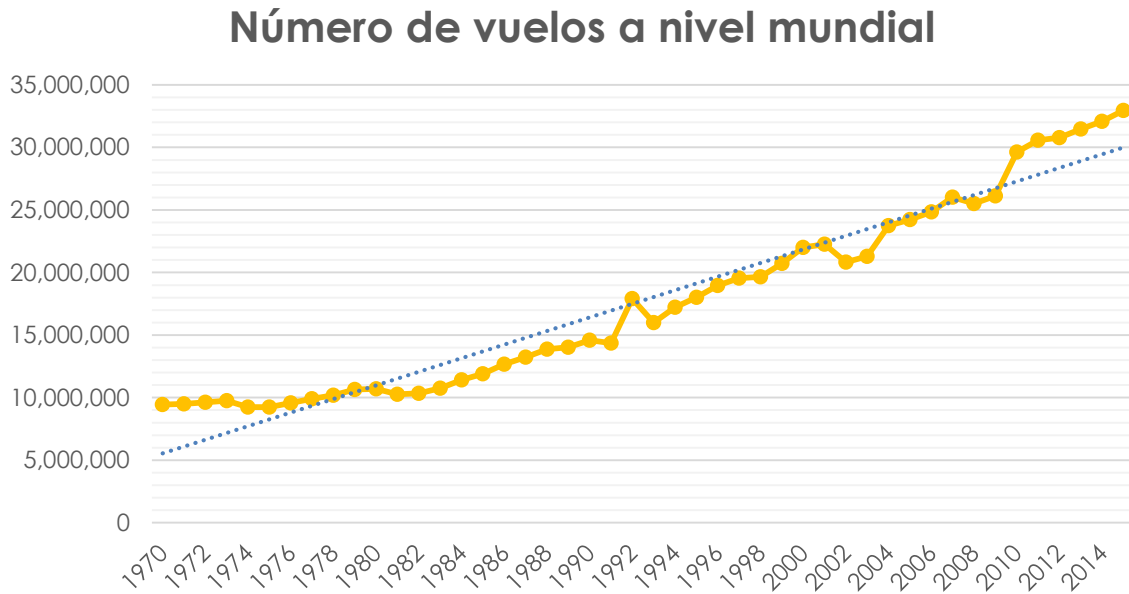
Invertir en transporte y su desarrollo da lugar a un país más competitivo y productivo; fortalece sus sectores y permite un crecimiento económico y social más equitativo (Plan Nacional de Desarrollo, 2013-2018). Darle importancia a este sector es un pilar principal sobre el que se debe edificar el país que se desea alcanzar, competitivo y próspero, ofrecer el transporte de personas y servicios de manera segura a un bajo costo es un asunto que se debe atender de manera inmediata.

El transporte aéreo está tomando mayor relevancia en los últimos años y gracias al desarrollo de nuevas tecnologías. Es cierto que en México aún estamos lejos de que compita con el transporte terrestre de pasajeros y de mercancías, pero el mundo y, en algún momento México, irán para el transporte aéreo pues cuenta con una ventaja sobre todos los demás modos de transportes, la velocidad.

Con el paso del tiempo el transporte aéreo se ha dejado de ver como un lujo y se comienza a considerar como una puerta al desarrollo al que todos estamos teniendo la oportunidad de acceder. Los precios, siendo el principal restrictivo a la hora de elegir nuestro modo de transporte, comienzan a ceder en favor de los aviones. Y es que cada vez la tecnología va haciendo los motores más eficientes, materiales más livianos que favorecen a la reducción de peso y por ende a la mayor eficiencia del combustible y con ello a una reducción de los precios.

De acuerdo a la página FlightAware que registra todos los vuelos vía satelital, en el mundo se realizan alrededor de 96,000 vuelos diarios. Como se puede apreciar en la siguiente gráfica, el transporte aéreo es un mercado que se encuentra a la alza en todo el mundo. Tan sólo a inicios de la década de los 70's el número de vuelos no sobrepasaba los 10 millones de vuelos al año, sin embargo 40 años después ese número se ha triplicado con un aumento en los últimos 10 años del 3%.

Gráfico 1. Número de vuelos a nivel mundial

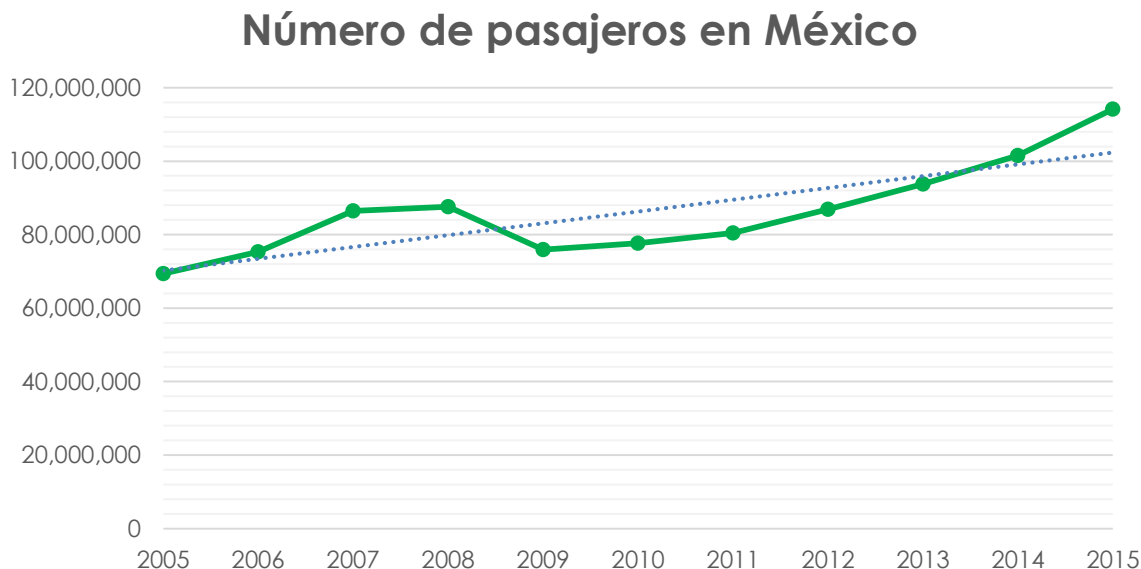


Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la OCDE

En cuanto a México, en los últimos 10 años se ha visto un incremento en el movimiento de pasajeros, siendo del año 2014 al 2015 del 12%. Lo que nos hace pensar que el transporte aéreo comienza a tomar un papel cada vez más importante en el desarrollo del país y que se debe de cuidar de cara a las competencias futuras. En el gráfico 2 se puede observar el comportamiento de la aviación en México desde el año 2005.

Según Tony Tyler, presidente de la Asociación de Transporte Aéreo Internacional (IATA) el tráfico de pasajeros en México tendrá un crecimiento de 4.1 por ciento anual hacia 2020, cifra que podría alcanzar los 140 millones de pasajeros anuales.

Gráfico 2. Número de pasajeros en México



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la OCDE

La aviación en México es un mercado con mucha posibilidad de crecimiento y si el país sigue desarrollando políticas que se reflejen en prosperidad y capital para la nación, el transporte aéreo será una parte que cada vez tome un papel más importante en México.

1.3 La aviación en México

En México y por un tiempo, ASA se encargó de operar y administrar los aeropuertos nacionales. Sin embargo tras la crisis financiera experimentada en el mundo y que afectó a México, se decidió dar apertura al capital privado, a quienes se les otorgó la concesión de la mayoría de los aeropuertos hasta entonces propiedad de ASA, con el fin de mejorar la inversión y que se reflejara en mejoras en la infraestructura y en la seguridad de las operaciones.

En la actualidad el Sistema Aeroportuario Mexicano está conformado por 60 terminales aéreas, de los cuales la administración está a cargo de 7 organismos:

- Aeropuertos y Servicios Auxiliares (18 aeropuertos)
- Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México (1 aeropuerto)
- Grupo Aeroportuario del Sureste (9 aeropuertos)
- Grupo Aeroportuario del Pacífico (12 aeropuertos)
- Grupo Aeroportuario del Centro-Norte (13 aeropuertos)
- Aeropuertos en Sociedad (5 aeropuertos)
- Aeropuertos privados (2 aeropuertos)

1.4 La aviación en el estado de Guanajuato

Por su parte, la historia de la aviación en León, Guanajuato tiene sus comienzos en la década de los 40. A través de la línea aérea Servicios Aéreos Panini, León formaba parte de la ruta que enlazaba la capital del país con las ciudades de León, Aguascalientes, Zacatecas y Durango.

Unos años después, a través de la línea aérea Aerotransportes, se unió la ciudad de León por primera vez con una ciudad Norteamericana, Brownsville, cuya ruta completa enlazaba las ciudades de México-Querétaro-León-Aguascalientes-Brownsville.

En 1950 Aerovías Reforma se hizo de un terreno en el rancho de San Carlos, a unos 10 km del centro de la ciudad. La conclusión de la construcción del nuevo aeropuerto concluyó en 1952 y entre sus características incluía una pista de 2,300 m y un aerofaro para guiar a los pilotos. Este aeropuerto brindó servicio durante 38 años, para 1990 dejó de operar debido al crecimiento de la ciudad y al número de operaciones, por lo que decidió construir un nuevo aeropuerto a las afueras de la ciudad con el fin de que no fuera absorbido por la mancha urbana y pudiera cumplir su vida útil. También decidió aprovecharse para que le diera servicio a otras ciudades que por lo pequeñas de su población no resultaba viable la construcción de un aeropuerto pero que también podrían beneficiarse del nuevo.

Imagen 2. Torre de control del Aeropuerto Internacional de Guanajuato



Propiedad de ASA. ASA 50 años.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Definición de aeropuerto

Un aeropuerto es un sistema que da atención al medio de transporte aéreo, permiten el despegue y aterrizaje de aviones, conformado por una parte tierra, una parte aire y un enlace que permite la interacción entre ambas partes y lo que le da sentido y forma a lo que conocemos como terminal aérea.

El lado aire es aquel en donde se llevan a cabo las operaciones de aviación, los despegues y aterrizajes, así como todo el espacio necesario donde se realizan los movimientos para llevar a los pasajeros al enlace o terminal. Está conformado por todo el espacio aéreo concerniente al aeropuerto, este a su vez, depende del tipo de avión que aterrice en el aeropuerto y de los equipos para volar que se instalen. Lo forman también espacios físicos como las pistas, las calles de rodaje, la torre de control, edificios auxiliares como de bomberos, hangares y plataformas de ascenso y descenso.

El lado tierra es aquel que permite la llegada a la terminal aérea y otorga las facilidades para acceder. Está conformado por las calles de acceso, las zonas de ascenso y descenso, los estacionamientos y toda la zona que se desarrolla y genera ingresos al aeropuerto pero que no conciernen a la operación de dicho sistema como son las tiendas, casas de cambio y los aparadores de las líneas aéreas.

El enlace o aeropuerto es la parte que da unión a ambos lados. Es el espacio físico en donde se establecen las aerolíneas, se brinda el servicio a los usuarios para que puedan abordar su vuelo. Consta de todo lo necesario para poder cambiar del medio de transporte terrestre al medio aéreo. Este espacio es la principal oportunidad para los aeropuertos de generar ganancias, es por eso que también podemos encontrar tiendas y restaurantes.

2.1.1 Tipos de aeropuerto

Existen dos tipos principales de aeropuertos:

- **Origen-Destino:** Son aquellos que son el destino final del usuario y depende del crecimiento y poder económico de la región.
- **Conexión:** Son aquellos que se utilizan para unir vuelos. No son el destino final del usuario, responden más a las necesidades y políticas de las líneas aéreas.

También existe una clasificación general de los aeropuertos, la cual se muestra a continuación:

Clasificación alfanumérica moderna: Hoy en día al aumentar en forma notable la carrera de despegue, la longitud de las pistas nuevas (incluso en los aeropuertos de segunda categoría) se suele establecer en unos 2500 metros, distancia calculada no sólo por la mayor distancia de despegue, sino también por obligaciones de cumplimiento de distancia de seguridad establecidas por parte de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) (Truyols Mateu & Alcubilla de la Fuente, 2010).

La clasificación actual de los aeropuertos viene dada por un código alfanumérico formado por tres variables:

1. Longitud de pista
2. Envergadura (ancho) de la pista
3. Anchura exterior, esto es, la distancia entre los centros de gravedad del tren de aterrizaje principal de la aeronave.

En esta nomenclatura el número define la longitud, LCR (Longitud del Campo de Referencia), es decir, la mínima distancia necesaria para un despegue sin que se presenten dificultades en el motor y en unas condiciones de referencia que son:

1. La pendiente de la pista sea nula (0 por ciento)
2. El aeropuerto esté situado a nivel del mar
3. No se presenten vientos que afecten a la aeronave, es decir, la velocidad media del viento ha de ser menor de 24 km/h
4. Se ha de dar una temperatura media estándar (20°C)

A continuación se presentan las dimensiones correspondientes para realizar la clasificación y seleccionar la nomenclatura adecuada:

Tabla 1. Clasificación alfanumérica de los aeropuertos de acuerdo a la longitud de pista

Cifra	Longitud (m)
1	<800
2	800-1200
3	1200-1800
4	>1800

Fuente: Transporte aéreo e ingeniería aeroportuaria

La dimensión se considera para los aviones de mayor dimensión que de forma habitual aterricen en dicho aeropuerto.

Tabla 2. Clasificación alfanumérica de los aeropuertos de acuerdo a su ancho de pista

Letra	Envergadura del avión (m)	Anchura exterior Vía o BLG (m)
A	0-15	0-4.5
B	15-24	4.5-6
C	24-36	6-9
D	36-52	9-14
E	52-65	9-14
F	65-80	14-16

Fuente: Transporte aéreo e ingeniería aeroportuaria

2.2 Elementos del lado aire de un aeropuerto

2.2.1 Pista de vuelo

La pista es el elemento que permite el aterrizaje y despegue de los aviones. La pista debe estar calculada de acuerdo al peso máximo de la aeronave cargada y con una longitud que permita un abandono o bien, continuar el despegue considerando una falla de motor.

Se deben tomar en cuenta los vientos predominantes para determinar la orientación de la pista. Siempre se buscará orientarla de forma tal que el viento sople de frente, con lo cual se puede disminuir la longitud de pista requerida.

Las dimensiones de largo y ancho dependen del tipo de aeronaves que harán uso de ella. Debido a que no es posible diseñar una pista para cada avión, se selecciona la aeronave que represente la mayor cantidad de despegues, tomando características como el número de despegues estimado de cada aeronave, el peso máximo de despegue y el tipo de tren principal.

2.2.2 Plataformas

Las plataformas son zonas destinadas a dar cabida a las aeronaves mientras se llevan a cabo las operaciones de atención a la aeronave (repostaje de combustible, pequeño mantenimiento, limpieza). Además de servir como zonas de conexión al edificio de pasajeros, donde se puede llevar el embarque y desembarque de los usuarios.

De igual forma las plataformas deben estar diseñadas para la aeronave crítica, el tiempo que permanecerán estacionadas, el tipo de vuelo, los tipos de servicios que requerirán y se debe tomar en cuenta los tipos de maniobras de entrada y de salida de las aeronaves.

Existen diferentes tipos de plataformas que sirven para distintos propósitos:

- **Plataforma de terminal:** Es aquella área destinada a las maniobras y estacionamiento de las aeronaves. Se encuentra a un lado de la terminal de pasajeros y permite el embarque y desembarque. Además se utiliza para el abastecimiento de combustible y mantenimiento del avión.
- **Plataforma de carga:** Esta plataforma debe ser exclusiva para los aviones que transportan carga y correo. Generalmente se tienen en aeropuertos con una alta demanda de este tipo de aviones.
- **Plataforma de estacionamiento:** Otra plataforma exclusiva de aeropuertos con alta demanda. Se necesitará una plataforma separada de la terminal para los aviones que permanecerán mucho tiempo parado.
- **Plataforma para la aviación general:** Estas plataformas son destinadas a las aeronaves de vuelos privados cuyas dimensiones son mucho menores que las de aeronaves comerciales.
- **Plataforma de servicios y hangares:** Aquí se realizan las reparaciones y mantenimiento que necesiten los aviones.

2.2.2.1 Modos de estacionamiento

- **En paralelo.-** Los aviones permanecen en la plataforma de manera paralela a la terminal. Guardando el babor para el ascenso y descenso de los pasajeros y el estribor para atender los servicios a bordo.
- **En ángulo.-** Los aviones estacionan de manera inclinada con respecto a la terminal. Su salida puede ser asistida o propia
- **En ángulo Recto.-** De la misma forma que en ángulo pero a 90°. También pueden ser asistidos para salir o utilizar su propio motor.

2.2.2.2 Tipos de plataformas

- **Lineal.-** Se tiene un andador a lo largo de la terminal donde se estacionan los aviones. Es el sistema más sencillo, usualmente utilizado en aeropuertos de baja demanda.
- **Andenes o Muelles.-** Como su nombre lo indica, estas plataformas permiten estacionar aviones alrededor, optimizando el espacio.
- **Fingers.-** Es una variación del tipo de andenes, colocando más andadores que salen de la terminal.
- **Abierta.-** Utilizada por aeropuertos de muy poca demanda. Estos no tienen ningún tipo de conexión entre el avión y el edificio de pasajeros.

- **Satélite.-** Se caracteriza por tener un espacio para estacionar a los aviones que se encuentra alejada del edificio de pasajeros conectado por un túnel o puente, el cual, en algunas ocasiones también es utilizado como estacionamiento.
- **Remoto.-** Parecido al satélite, su diferencia radica en que no se encuentran conectados el edificio de pasajeros con el de estacionamiento de aviones. La conexión entre ambos y el embarque y desembarque se hace por medio de autobuses.

2.2.3 Calles de Rodaje

Las calles de rodaje son las vías que conectan la plataforma con las pistas, permitiendo la distribución de las aeronaves en sus respectivas posiciones de la manera más rápida y corta posible. Estas calles no deben interferir con los aterrizajes y despegues de aviones. Todas las calles de rodaje deben contar con un diseño en el ancho y espesor acorde a la aeronave crítica o de diseño.

Existen calles de entrada, las cuales se utilizan para colocar las aeronaves en posición de despegue; de salida utilizadas en los aterrizajes y que permiten el desalojo de la pista de manera segura y rápida; y de distribución que permiten la circulación de las aeronaves en la plataforma.

2.3 Área de influencia

El área de influencia puede ser aquella zona o territorio geográfico que es susceptible a un impacto político, social, económico o ambiental en el que incide una obra.

En el caso de un aeropuerto son las ciudades cercanas en las que se encuentran los usuarios potenciales. Su importancia radica en que en muchas ocasiones es la modo más cercano para viajar grandes distancias por lo que debe ser necesario un análisis que permita brindar buenas vías de conexión entre el aeropuerto y estas ciudades usuarias.

3 DESCRIPCIÓN DEL AEROPUERTO Y ZONA DE ESTUDIO.

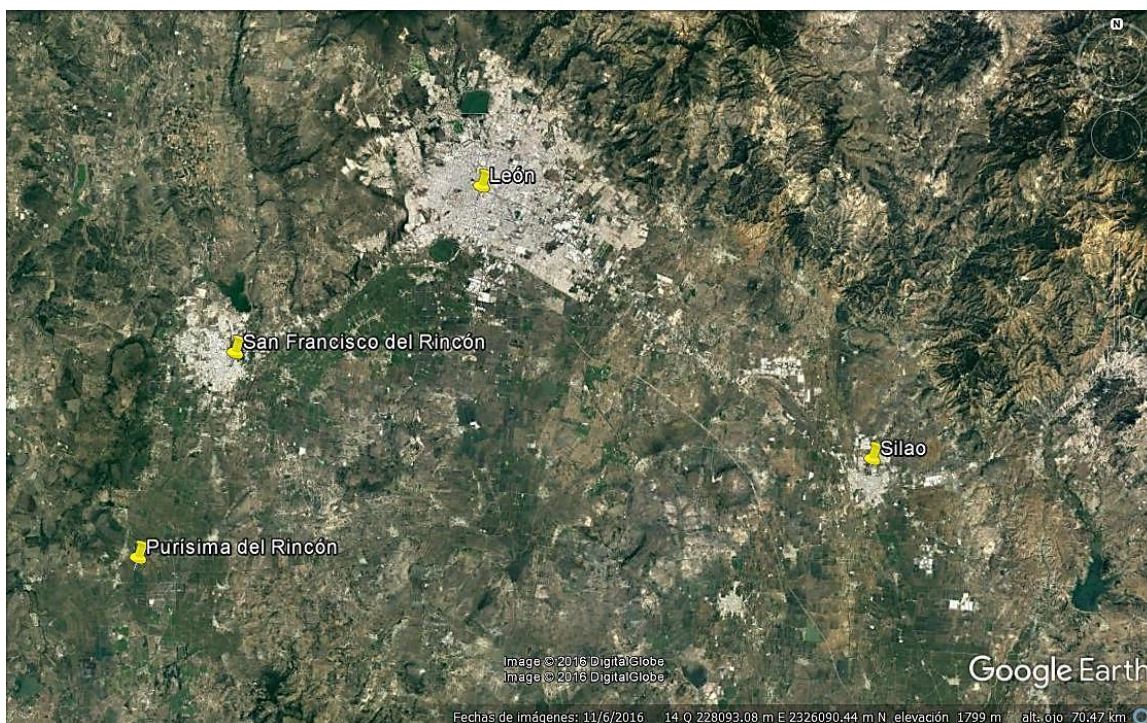
3.1 Zona metropolitana de León: Localización y características

Con el objetivo de justificar el aumento de la demanda de vuelos comerciales y la identificación de oportunidades en la mejora de la infraestructura existente, es necesario conocer el desarrollo y evolución de los centros urbanos que son cercanos y propensos a la utilización de los servicios ofrecidos por el Aeropuerto Internacional de Guanajuato.

La Zona Metropolitana de León es la región urbana resultante de la conurbación de cuatro municipios, siendo estos León de Los Aldama, Silao de La Victoria, San Francisco del Rincón y Purísima del Rincón. Localizados en el oeste del Estado de Guanajuato, México.

Esta zona metropolitana es la más grande del estado de Guanajuato, y conforma la séptima metrópoli más grande del país, con poco más de 1,967,501 habitantes

Imagen 3. Municipios que conforman la Zona Metropolitana de León



El municipio más poblado de esta región es León de los Aldama con 1,578,626 habitantes según la encuesta intercensal 2015 realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía. También conocida como la Perla del Bajío o la Capital Mundial del Calzado, es una ciudad mexicana, cabecera del municipio homónimo, ubicada en el estado de Guanajuato. Se encuentra a 384 km de la capital del país, la Ciudad de México.

- Ubicada 21° 7' 11" de latitud norte y 101° 40' 50" W de longitud oeste.
- Tiene un clima templado con variante subtropical subhúmedo con lluvias en verano según la clasificación climática de Köppen.

Tiene una temperatura promedio anual de 19.6 °C, alcanzando una máxima promedio de 31.5 °C en mayo y una mínima promedio de 7.2 °C en enero.

3.2 Delimitación de la Zona Metropolitana de León

Inicialmente, la delimitación oficial de esta metrópolis mexicana fue adoptada por el Consejo Nacional de Población (Conapo) y el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) de México. Los criterios empleados para la delimitación de las zonas metropolitanas en México corresponden básicamente a las relaciones económicas y sociales entre los municipios de la conurbación, como los relacionados con la actividad económica, los viajes intermunicipales o la distancia entre los municipios conurbados y la ciudad central. Sin embargo, el 23 de mayo de 2008, por decreto oficial del Estado Libre y Soberano de Guanajuato y por convenio de las dos zonas metropolitanas (León y San Francisco) se declara la fusión, quedando la actual Zona Metropolitana de León con cuatro municipios (León, Silao de La Victoria, San Francisco del Rincón y Purísima del Rincón).

De acuerdo al Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato la delimitación de la ZM de León queda establecida de la siguiente manera:

La Zona Metropolitana de León, ubicada al poniente del Estado de Guanajuato estará integrada por el territorio de los municipios de Silao, León, San Francisco del Rincón y Purísima del Rincón; cuenta con una superficie de 198 mil hectáreas y presenta un polígono con las siguientes colindancias:

- Al Norte: Con el municipio de San Felipe
- Al Noriente: Con los municipios de San Felipe y Guanajuato
- Al Oriente: Con el municipio de Guanajuato
- Al Sureste: Con el municipio de Irapuato
- Al Sur: Con los municipios de Irapuato y Romita
- Al Sureste: Con el municipio de Manuel Doblado
- Al Poniente y Norponiente: Con el Estado de Jalisco

3.3 Actividades industriales y económicas

León, la principal ciudad se caracteriza por ser el principal mercado de piel y zapatos en México, atrayendo exposiciones y congresos respecto al tema. Además industrias relacionadas como la curtidora, cartonera, química, entre otras se han ubicado en esta ciudad pero la actividad económica no se reduce solamente a este ramo, sino que se ha diversificado incluyendo la industria de la construcción, textil, envases plásticos, carrocías, aceites automotrices, productos metálicos, maquinaria y automotriz.

Como se mencionó anteriormente con la llegada de pasajeros japoneses, el crecimiento de la industria automotriz en el estado, la construcción de plantas ensambladoras de autos y partes de autos ha provocado un boom en la

economía de Guanajuato que se ha reflejado en los aeropuertos tanto el Internacional de Guanajuato como el Nacional de Celaya.

Como se puede observar en la tabla 3, Guanajuato cuenta con presencia de plantas armadoras de autos lo que ha incidido en la llegada de extranjeros al estado.

Tabla 3. Presencia de la industria automotriz en el estado de Guanajuato

Empresa	Ciudad	Año de inicio	Producto
Ford Motor	Irapuato	2016	Transmisiones
General Motors	Silao	1992	GMC Sierra, Chevrolet 3500, Cheyenne, Silverado. Para exportación Silverado y Sierra
	Silao	2008	Transmisiones
Honda	Celaya	2014	Honda Fit, HR-V
	Celaya	2015	Transmisiones
Mazda	Salamanca	2013	Mazda 2, Mazda 3, Scion
Toyota	Apaseo el Grande	2019	Corolla
Volkswagen	Silao	2013	Motores de alta tecnología (TSI)

3.4 Descripción del Aeropuerto Internacional de Guanajuato

El Aeropuerto Internacional Del Bajío o Aeropuerto Internacional de Guanajuato (Código IATA: BJX - Código OACI: MMLO - Código DGAC: BJX), es un aeropuerto localizado en el municipio de Silao, Guanajuato, a unos 20 minutos aproximadamente de la ciudad de León, Guanajuato y cuenta con un territorio de 393 hectáreas.

Su incidencia abarca el área metropolitana de León, sirviendo como opción para otras ciudades cercanas a él como Dolores Hidalgo, Salamanca, Guanajuato, Irapuato, entre otras.

El aeropuerto tiene una capacidad de atender 26 vuelos por hora por lo que es considerado uno de los aeropuertos más transitados del país.

Imagen 4. Ciudades cercanas al Aeropuerto Internacional de Guanajuato



El aeropuerto forma parte del Grupo Aeroportuario del Pacífico que se encarga además de los aeropuertos de Aguascalientes, Mexicali, Tijuana, La Paz, San José del Cabo, Manzanillo, Guadalajara, Puerto Vallarta, Morelia, Los Mochis y Hermosillo.

3.4.1 Características del Aeropuerto Internacional de Guanajuato

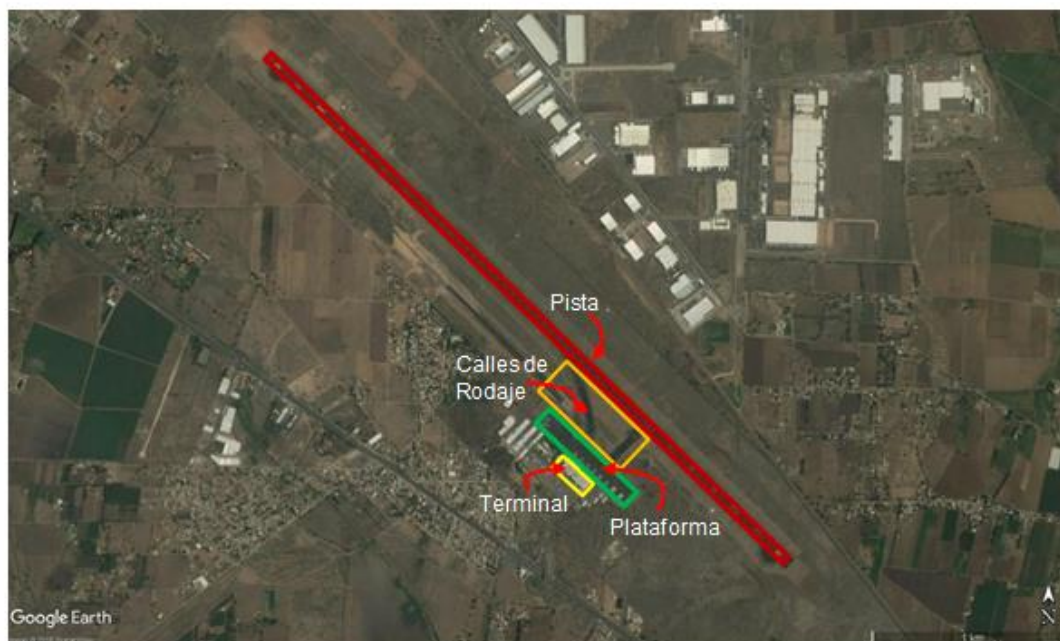
En la tabla 4 se presentan las características generales del Aeropuerto Internacional de Guanajuato:

Tabla 4. Características generales del Aeropuerto Internacional de Guanajuato

Tipo	Público
Operador	Grupo Aeroportuario del Pacífico
Sirve a	Estado de Guanajuato
Elevación	1 815 m / 5 956 pies (msnm)
Coordenadas	20°59'36"N 101°28'51"O
Aeronave Crítica¹	BOEING 737-700

¹ De acuerdo a la Comisión Consultiva del Aeropuerto Internacional de Guanajuato de Marzo del 2013.

Imagen 5. Áreas del Aeropuerto Internacional de Guanajuato



Plataforma: La plataforma abarca un total de 51,000 m². Tiene 8 posiciones, 5 para aviones tipo C y 3 para aviones tipo D. Tres de esas posiciones es de contacto, es decir, que tienen conexión directa con la terminal y las otras cinco son remotas. Además cuenta con 19 posiciones de estacionamiento en aviación general y dos helicópteros.

Pista: El área de la pista abarca un total de 157,500 m². La configuración del corredor es sencilla pues cuenta con una sola pista. Y tomando la clasificación tradicional de las pistas, la del aeropuerto es categoría 4D. En la tabla 5 se pueden observar sus características.

Tabla 5. Características de la pista

Dirección	Largo		Ancho		Superficie
	metros	pies	metros	pies	
13-31	3 500	11 480	45	147.6	Asfalto

Calles de rodaje: Cuenta con 2 calles de rodaje para acceder a la pista, así como gotas en ambas cabeceras de la pista y abarcan un total de 17,600 m².

Terminal de pasajeros: Tiene una extensión de 12,500 m² distribuidos en dos plantas. En ella se encuentran:

- 32 mostradores de documentación.
- 2 líneas de revisión de seguridad.
- 6 puertas de abordaje, tres con aeropasillos.
- 6 mostradores de migración en llegadas.
- 4 bandas para recoger el equipaje.
- 1 línea de revisión de aduanas.
- 441 cajones de estacionamiento público.

Composición de Aeronaves: A continuación se presentan las características de los aviones que aterrizan de diversos destinos al Aeropuerto Internacional del Bajío.



E-190

- Longitud: 36.2 m
- Altura: 10.6 m
- Peso máximo (vuelo): 47,800 kg
- Envergadura: 28.7 m
- Velocidad de vuelo: 890 km/h
- Longitud de despegue: 1,890 m



E-145

- Longitud: 28.45 m
- Altura: 6.76m
- Peso máximo (vuelo): 21,825 kg
- Envergadura: 20.04 m
- Velocidad de vuelo: 834 km/h
- Longitud de despegue: 3,351 m



EMB 170 (E-70)

- Altura: 9.6m
- Longitud: 29.9 m
- Peso máximo (vuelo): 35,705 kg
- Envergadura: 26 m
- Velocidad de vuelo: 890 km/h
- Longitud de despegue: 2,427 m



B737 Serie: 300

- Longitud: 33.40 m
- Altura: 11.43 m
- Envergadura: 28.8 m
- Peso máximo (vuelo): 56,470 kg
- Velocidad de vuelo: 780 km/h
- Longitud de despegue: 1,950 m



B737 Serie: 700

- Longitud: 33.63 m.
- Altura: 12.55 m.
- Envergadura: 34,32 m.
- Peso máximo (vuelo): 60,320 kg.
- Velocidad de vuelo: 823 km/h
- Longitud de despegue: 1,900 m.



A-319

- Longitud: 33.84 m.
- Altura: 11.76 m.
- Envergadura: 34.10 m.
- Peso máximo (vuelo): 74,880 kg
- Velocidad de vuelo: 850 km / h.
- Longitud de despegue: 2,879 m.



A-318

- Longitud: 31,44 m.
- Altura: 12,51 m.
- Envergadura: 34.10 m.
- Peso máximo (vuelo): 67,455 kg.
- Velocidad de vuelo: 828 km / h.
- Longitud de despegue: 2,000 m

(AVIA.PRO, 2013)

3.4.2 Aerolíneas

En el Aeropuerto Internacional de Guanajuato se encuentran 7 aerolíneas que prestan los servicios nacionales, así como 3 aerolíneas norteamericanas.

Tabla 6. Aerolíneas presentes en el AIG

Aerolíneas Nacionales	Aerolíneas Internacionales
Aeroméxico	American Airlines
Magnicharters	Delta
Viva Aerobús	United Airlines
Volaris	
TAR	
Aéreo Calafia	

De acuerdo a datos del Sistema Integral de Operación Migratoria, el arribo de pasajeros extranjeros, principalmente de Japón ha crecido hasta 15 veces.

Para ejemplo se puede tomar la llegada de japoneses al estado, este nos ayuda a reflejar el crecimiento que el aeropuerto ha tenido en número de pasajeros pues en 2006 se registró una llegada de 915 pasajeros japoneses, mientras que para el 2015 se registró una llegada de 14,742 pasajeros de ese país, un incremento del 1,511%. En general y de acuerdo al Sistema Integral de Operación Migratoria la llegada de pasajeros internacionales al Aeropuerto Internacional del Bajío creció un 40%, pasando en el 2006 de 76,072 pasajeros a 167,728 en el 2015.

3.4.3 Salidas de vuelos (Destinos)

León siendo aún mercado chico y que no genera muchos viajes por el tamaño de mercado, tiene vuelos directos a la Ciudad de México, Monterrey, vuelos ocasionales a Tijuana, Cancún, Los Cabos y Ciudad Juárez. Además de contar con conexiones a prácticamente cada destino del país y otros destinos de Estados Unidos pasando por la Ciudad de México y Monterrey. La siguiente tabla muestra los vuelos respectivos de cada aerolínea, los vuelos y los asientos de acuerdo un reporte del estado de Guanajuato:

Tabla 7. Destinos de los vuelos ofertados en el Aeropuerto Internacional de Guanajuato

Asientos Semanales Disponibles Nacionales					
Noviembre 2016					
Línea	Origen	Destino	Vuelos Semanales	Asientos por Vuelo	Total Asientos Semanal
AM Connect	Tijuana	BJX-Tijuana	4	99	396
	Monterrey	BJX-Monterrey	26	50	1,300
	México	BJX-TIJ	42	99	4,158
Viva Aerobús	Monterrey	BJX-Monterrey	5	180	900
	Cd. Juárez	BJX-Cd. Juárez	2	180	360
	Cancún	BJX-Cancún	2	180	360
Volaris	Tijuana	BJX-Tijuana	19	144	2,736
	Cancún	BJX-Cancún	6	144	864
Magnicharters	Monterrey	BJX-Monterrey	2	144	288
	Cancún	BJX-Cancún	4	138	552
Interjet	México	BJX-México	12	93	1,116
	Puerto Vallarta	BJX-PVR	2	93	186
	Tijuana	BJX-Tijuana	4	150	600
TAR	Monterrey	BJX-Monterrey	12	93	1,116
	Puerto Vallarta	BJX-PVR	2	50	100
	Torreón	BJX-Torreón	3	50	150
Aero Calafia	San José del Cabo	BJX-SJD	5	50	250

Fuente: Sector Guanajuato, Dirección de Información y Análisis, Coordinación de Estadística e Información, Dirección de Relaciones Públicas

3.4.4 Número de pasajeros

De acuerdo a cifras del Grupo Aeroportuario del Pacífico el número de pasajeros del Aeropuerto Internacional de Guanajuato aumentó en el 2016 con respecto al 2015 en un 14% como se observa en la tabla 8.

Tabla 8. Número de pasajeros en el AIG en los años 2015-2016

Grupo Aeroportuario del Pacífico. Aeropuerto Internacional de Guanajuato. Pasajeros Totales			
Aeropuerto	2015 Enero-Octubre	2016 Enero-Octubre	Variación
Enero	114,100	133,200	17%
Febrero	92,700	112,500	21%
Marzo	115,600	134,700	17%
Abril	112,600	126,700	13%
Mayo	116,600	136,300	17%
Junio	123,800	143,000	16%
Julio	155,700	173,900	12%
Agosto	145,700	157,200	8%
Septiembre	120,200	134,200	12%
Octubre	125,200	143,200	14%
Acumulado	1,222,100	1,394,900	14%

Fuente: Sector Guanajuato, Dirección de Información y Análisis, Coordinación de Estadística e Información, Dirección de Relaciones Públicas

3.5 Anexo 14

Después de la Segunda Guerra Mundial se comenzó a regular la aviación a nivel internacional a través de una cumbre realizada en Chicago en 1944, en donde se firmó el Convenio sobre Aviación Civil Internacional que aseguraría el desarrollo de la aviación internacional regulando y asumiendo los derechos y obligaciones que cada país tendría al sobrevolar otro.

A este convenio se le han ido agregando nuevos acuerdos de diferente índole a los que se les conoce como Anexos que se encuentran bajo el cuidado del organismo creado para su cumplimiento llamado Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). Actualmente existen 19 anexos que regulan diferentes aspectos de la aviación civil internacional como la seguridad, la meteorología, la operación de aeronaves, mitigación de afectaciones ambientales y el manejo de siniestros.

México formó parte desde un inicio a este convenio por lo que se encuentra obligado a cumplir con las estipulaciones, normas y métodos que así lo demanden. En nuestro país, el encargado de revisar dicho cumplimiento es la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) que a su vez es la representante de la OACI en nuestro territorio; y su principal objetivo es el correcto desarrollo, administración y operación de los aeropuertos de México.

El Anexo 14 “Aeródromos” contiene las normas y especificaciones que prescriben las características físicas y las superficies limitadoras de obstáculos con que deben contar los aeródromos y ciertas instalaciones y servicios técnicos que normalmente se brindan en un aeropuerto internacional. Como cada anexo de este convenio, todo concesionario debe cumplir con lo estipulado en ellos, por lo que se realizará un análisis sobre las características físicas contenidas en el capítulo 3 del Anexo 14 que debe cumplir el Grupo Aeroportuario del Pacífico (GAP) en la operación y administración del Aeropuerto Internacional de Guanajuato (AIG).

3.6 Capítulo 3 del anexo 14

El capítulo 3 del anexo 14 establece recomendaciones de carácter físico que deben cumplir los elementos que conforman el lado aire de un aeropuerto dejando de lado los servicios de carácter operacional. Es decir, se centra en las áreas que permiten las maniobras y movimientos de las aeronaves; que cuenten con la resistencia, dimensiones, pendientes y áreas de seguridad mínimos que brinden condiciones de seguridad.

Los puntos que se consideran en el capítulo 3 del anexo 14 son los siguientes:

1. Pistas.
2. Márgenes de las pistas.
3. Plataforma de viraje en la pista.
4. Franjas de pista.
5. Áreas de seguridad de extremo de pista.
6. Zonas libres de obstáculos.
7. Zonas de parada.
8. Área de funcionamiento del radioaltímetro.

9. Calles de rodaje.
10. Márgenes de las calles de rodaje.
11. Franjas de las calles de rodaje.
12. Apartaderos de espera, puntos de espera de la pista, puntos de espera intermedios y puntos de espera en la vía de vehículos.
13. Plataformas.
14. Puesto de estacionamiento aislado para aeronaves.
15. Instalaciones de deshielo/antihielo.

A continuación se desglosan las recomendaciones del Anexo 14 tomadas en cuenta para la realización de la verificación de los puntos.

Pistas

Número y orientación de la pista.

Lo estipulado en la sección 3.1 Pistas del anexo 14 se dice lo siguiente con respecto a las pistas de un aeropuerto:

Número y orientación de las pistas.

Un factor importante es el coeficiente de utilización, determinado por la distribución de los vientos, que se especifica a continuación. Otro factor importante es la alineación de la pista que permite obtener la provisión de aproximaciones que se ajusten a las especificaciones sobre superficies de aproximación, indicadas en el Capítulo 4. En el Adjunto A, Sección 1, se da información sobre éstos y otros factores.

3.1.1 Recomendación. El número y orientación de las pistas de un aeródromo deberían ser tales que el coeficiente de utilización del aeródromo no sea inferior al 95% para los aviones que el aeródromo esté destinado a servir.

Recomendación. Al aplicar las disposiciones de 3.1.1 debería suponerse que, en circunstancias normales, impide el aterrizaje o despegue de un avión una componente transversal del viento que exceda de:

- *37 km/h (20 kt), cuando se trata de aviones cuya longitud de campo de referencia es de 1 500 m o más, excepto cuando se presenten con alguna frecuencia condiciones de eficacia de frenado deficiente en la pista debido a que el coeficiente de fricción longitudinal es insuficiente, en cuyo caso debería suponerse una componente transversal del viento que no exceda de 24 km/h (13 kt).*
- *24 km/h (13 kt) en el caso de aviones cuya longitud de campo de referencia es de 1 200 m o mayor de 1 200 pero inferior a 1 500 m.*

- 19 km/h (10 kt) en el caso de aviones cuya longitud de campo de referencia es inferior a 1 200 m

Recomendación. La elección de los datos que se han de usar en el cálculo del coeficiente de utilización debería basarse en estadísticas confiables de la distribución de los vientos, que abarquen un período tan largo como sea posible, preferiblemente no menor de cinco años. Las observaciones deberían hacerse por lo menos ocho veces al día, a intervalos iguales.

El emplazamiento del umbral

3.1.5 Recomendación. El umbral debería situarse normalmente en el extremo de la pista, a menos que haya consideraciones de carácter operacional que justifiquen la elección de otro emplazamiento.

3.1.6 Recomendación. Cuando sea necesario desplazar el umbral de una pista, ya sea de manera permanente o temporal, deberían tenerse en cuenta los diversos factores que pueden incidir sobre el emplazamiento del mismo.

Cuando deba desplazarse el umbral porque una parte de la pista esté fuera de servicio, debería proveerse un área despejada y nivelada de una longitud de 60 m por lo menos entre el área inutilizable y el umbral desplazado. Debería proporcionarse también, según las circunstancias, una distancia suplementaria correspondiente a los requisitos del área de seguridad de extremo de pista.

Anchura de las pistas

3.1.10 Recomendación. La anchura de toda pista no debería ser menor de la dimensión apropiada especificada en la siguiente tabla:

Tabla 9. Anchura de pista recomendada

Núm. de clave	A	B	C	D	E	F
1	18 m	18 m	23 m	-	-	-
2	23 m	23 m	30 m	-	-	-
3	30 m	30 m	30 m	45 m	-	-
4	-	-	45 m	45 m	45 m	60 m

Pendientes de las pistas

Recomendación. La pendiente obtenida al dividir la diferencia entre la elevación máxima y la mínima a lo largo del eje de la pista, por la longitud de ésta, no debería exceder del:

- 1% cuando el número de clave sea 3 ó 4.
- 2% cuando el número de clave sea 1 ó 2.

3.1.14 Recomendación. En ninguna parte de la pista la pendiente longitudinal debería exceder del:

- 1,25% cuando el número de clave sea 4, excepto en el primero y el último cuartos de la longitud de la pista, en los cuales la pendiente no debería exceder del 0,8%.

Pendientes transversales

Recomendación. Para facilitar la rápida evacuación del agua, la superficie de la pista, en la medida de lo posible, debería ser convexa, excepto en los casos en que una pendiente transversal única que descienda en la dirección del viento que acompañe a la lluvia con mayor frecuencia, asegure el rápido drenaje de aquélla. La pendiente transversal ideal debería ser de:

- 1,5% cuando la letra de clave sea C, D, E o F
- 2% cuando la letra de clave sea A o B

Pero, en todo caso, no debería exceder del 1,5% o del 2%, según corresponda, ni ser inferior al 1%, salvo en las intersecciones de pistas o de calles de rodaje en que se requieran pendientes más aplanadas.

En el caso de superficies convexas, las pendientes transversales deberían ser simétricas a ambos lados del eje de la pista.

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

Resistencia de las pistas

3.1.21 Recomendación. La pista debería poder soportar el tránsito de los aviones para los que esté prevista

Márgenes de las pistas

Generalidades

3.2.1 Recomendación. Deberían proveerse márgenes en toda pista cuya letra de clave sea D o E y de anchura inferior a 60 m.

3.2.2 Recomendación. Deberían proveerse márgenes en toda pista cuya letra de clave sea F.

Anchura de los márgenes de las pistas

3.2.3 Recomendación. Los márgenes deberían extenderse simétricamente a ambos lados de la pista de forma que la anchura total de ésta y sus márgenes no sea inferior a:

- 60 m cuando la letra de clave sea D o E.
- 75 m cuando la letra de clave sea F.

Resistencia de los márgenes de las pistas

3.2.5 Recomendación. Los márgenes de las pistas deberían prepararse o construirse de manera que puedan soportar el peso de un avión que se saliera de la pista, sin que éste sufra daños, y soportar los vehículos terrestres que pudieran operar sobre el margen.

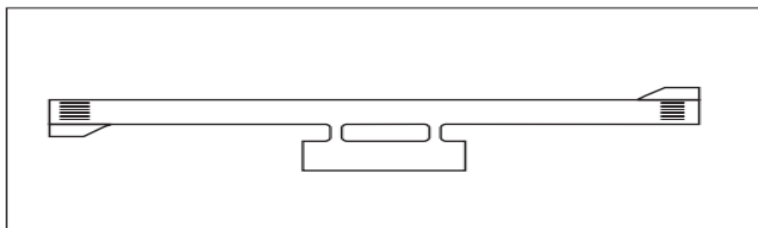
Plataforma de viraje en la pista

Generalidades

3.3.1 Cuando el extremo de una pista no dispone de una calle de rodaje o de una curva de viraje en la calle de rodaje y la letra de clave es D, E o F, se proporcionará una plataforma de viraje en la pista para facilitar el viraje de 180° de los aviones (imagen 6).

3.3.2 Recomendación. Cuando el extremo de una pista no dispone de una calle de rodaje o de una curva de viraje en la calle de rodaje y la letra de clave es A, B o C, debería proporcionarse una plataforma de viraje en la pista para facilitar el viraje de 180° de los aviones.

Imagen 6. Configuración de una plataforma de viraje típica



3.3.3 Recomendación. La plataforma de viraje en la pista debería estar ubicada tanto del lado izquierdo como del derecho de la pista y adyacente al pavimento en ambos extremos de la pista, así como en algunos emplazamientos intermedios que se estimen necesarios.

3.3.4 Recomendación. El ángulo de intersección de la plataforma de viraje en la pista con la pista no debería ser superior a 30°.

3.3.5 Recomendación. El ángulo de guía del tren de proa que se utilizará en el diseño de la plataforma de viraje en la pista no debería ser superior a 45°.

3.3.6 El trazado de una plataforma de viraje en la pista será tal que, cuando el puesto de pilotaje de los aviones para los que está prevista permanezca sobre las señales de la plataforma de viraje, la distancia libre entre cualquier rueda del tren de aterrizaje del avión y el borde de la plataforma de viraje no será inferior a la indicada en la siguiente tabla:

Tabla 10. Distancia libre entre cualquier rueda del tren de aterrizaje y el borde de plataforma de viraje

Letra de clave	Distancia libre
A	1.5 m
B	2.25 m
C	3 m si la plataforma de viraje está prevista para aviones con base de ruedas inferior a 18 m
	4,5 m si la plataforma de viraje está prevista para aviones con base de ruedas igual o superior a 18 m.
D	4.5 m
E	4.5 m
F	4.5 m

Pendientes de las plataformas de viraje en la pista

3.3.8 Recomendación. Las pendientes longitudinales y transversales en una plataforma de viraje en la pista deberían ser suficientes para impedir la acumulación de agua en la superficie y facilitar el drenaje rápido del agua en la superficie. Las pendientes deberían ser iguales a las de la superficie del pavimento de la pista adyacente.

Resistencia de las plataformas de viraje en la pista

3.3.9 *Recomendación.* La resistencia de una plataforma de viraje en la pista debería ser por lo menos igual a la de la pista adyacente a la cual presta servicio, teniendo debidamente en cuenta el hecho de que la plataforma de viraje estará sometida a un tránsito de movimiento lento con virajes de mayor intensidad sometiendo al pavimento a esfuerzos más intensos.

Superficie de las plataformas de viraje en la pista

3.3.10 La superficie de una plataforma de viraje en la pista no tendrá irregularidades que puedan ocasionar daños a la estructura de los aviones que utilicen la plataforma de viraje.

Márgenes de las plataformas de viraje en la pista

3.3.12 *Recomendación.* Deberían proveerse márgenes en las plataformas de viraje en la pista de la anchura necesaria para prevenir la erosión de la superficie por el chorro de los reactores del avión más exigente para el que se haya concebido la plataforma y todo posible daño que puedan producir objetos extraños a los motores del avión.

3.3.13 *Recomendación.* La resistencia de los márgenes de la plataforma de viraje en la pista debería poder soportar el tránsito ocasional de los aviones para los que está prevista sin inducir daños estructurales al avión o a los vehículos de apoyo en tierra que puedan operar en el margen de pista.

Franjas de pista

Generalidades

3.4.1 La pista y cualquier zona asociada de parada estarán comprendidas dentro de una franja. Longitud de las franjas de pista

Longitud de las franjas de pista

3.4.2 Toda franja se extenderá antes del umbral y más allá del extremo de la pista o de la zona de parada hasta una distancia de por lo menos:

- 60 m cuando el número de clave sea 2, 3 ó 4
- 60 m cuando el número de clave sea 1 y la pista sea de vuelo por instrumentos
- 30 m cuando el número de clave sea 1 y la pista sea de vuelo visual.

Anchura de las franjas de pista

3.4.3 Siempre que sea posible, toda franja que comprenda una pista para aproximaciones de precisión se extenderá lateralmente hasta una distancia de por lo menos:

- 150 m cuando el número de clave sea 3 ó 4
- 75 m cuando el número de clave sea 1 ó 2

a cada lado del eje de la pista y de su prolongación a lo largo de la franja.

3.4.4 Recomendación. Toda franja que comprenda una pista para aproximaciones que no sean de precisión debería extenderse lateralmente hasta una distancia de por lo menos:

- 150 m cuando el número de clave sea 3 ó 4
- 75 m cuando el número de clave sea 1 ó 2

a cada lado del eje de la pista y de su prolongación a lo largo de la franja.

Áreas de seguridad de extremo de pista

Generalidades

3.5.1 Se proveerá un área de seguridad de extremo de pista en cada extremo de una franja de pista cuando:

- El número de clave sea 3 ó 4
- El número de clave sea 1 ó 2 y la pista sea de aterrizaje por instrumentos.

Dimensiones de las áreas de seguridad de extremo de pista

3.5.2 El área de seguridad de extremo de pista se extenderá desde el extremo de una franja de pista hasta por lo menos 90 m.

3.5.3 Recomendación. El área de seguridad de extremo de pista debería extenderse, en la medida de lo posible, desde el extremo de una franja de pista hasta una distancia de por lo menos:

- 240 m cuando el número de clave sea 3 ó 4.
- 120 m cuando el número de clave sea 1 ó 2.

3.5.4 La anchura del área de seguridad de extremo de pista será por lo menos el doble de la anchura de la pista correspondiente.

3.5.5 Recomendación. Cuando sea posible, la anchura del área de seguridad de extremo de pista debería ser igual a la anchura de la parte nivelada de la franja de pista correspondiente.

Calles de rodaje

Generalidades

3.9.1 Recomendación. Deberían proveerse calles de rodaje para permitir el movimiento seguro y rápido de las aeronaves en la superficie.

3.9.2 Recomendación. Debería disponerse de suficientes calles de rodaje de entrada y salida para dar rapidez al movimiento de los aviones hacia la pista y desde ésta y preverse calles de salida rápida en los casos de gran densidad de tráfico.

3.9.4 A partir del 20 de noviembre de 2008, el diseño de una calle de rodaje será tal que, cuando el puesto de pilotaje de los aviones para los que está prevista permanezca sobre las señales de eje de dicha calle de rodaje, la distancia libre entre la rueda exterior del tren principal del avión y el borde de la calle de rodaje no sea inferior a la indicada en la siguiente tabla:

Tabla 11. Distancia libre entre la rueda exterior del tren principal del avión y el borde de la calle de rodaje

Letra de clave	Distancia libre
A	1.5 m
B	2.25 m
C	3 m si la calle de rodaje está prevista para aviones con base de ruedas inferior a 18 m
	4,5 m si la calle de rodaje está prevista para aviones con base de ruedas igual o superior a 18 m.
D	4.5 m
E	4.5 m
F	4.5 m

Anchura de las calles de rodaje

3.9.5 Recomendación. La parte rectilínea de una calle de rodaje debería tener una anchura no inferior a la indicada en la tabla siguiente:

Tabla 12. Anchura de la parte rectilínea de una calle de rodaje

Letra de clave	Distancia libre
A	7.5 m
B	10.5 m
C	15 m si la calle de rodaje está prevista para aviones con base de ruedas inferior a 18 m
	18 m si la calle de rodaje está prevista para aviones con base de ruedas igual o superior a 18 m.
D	18 m si la calle de rodaje está prevista para aviones cuya distancia entre las ruedas exteriores del tren de aterrizaje principal sea inferior a 9 m
	23 m si la calle de rodaje está prevista para aviones cuya distancia entre las ruedas, exteriores del tren de aterrizaje principal, sea igual o superior a 9 m.
E	23 m
F	25 m

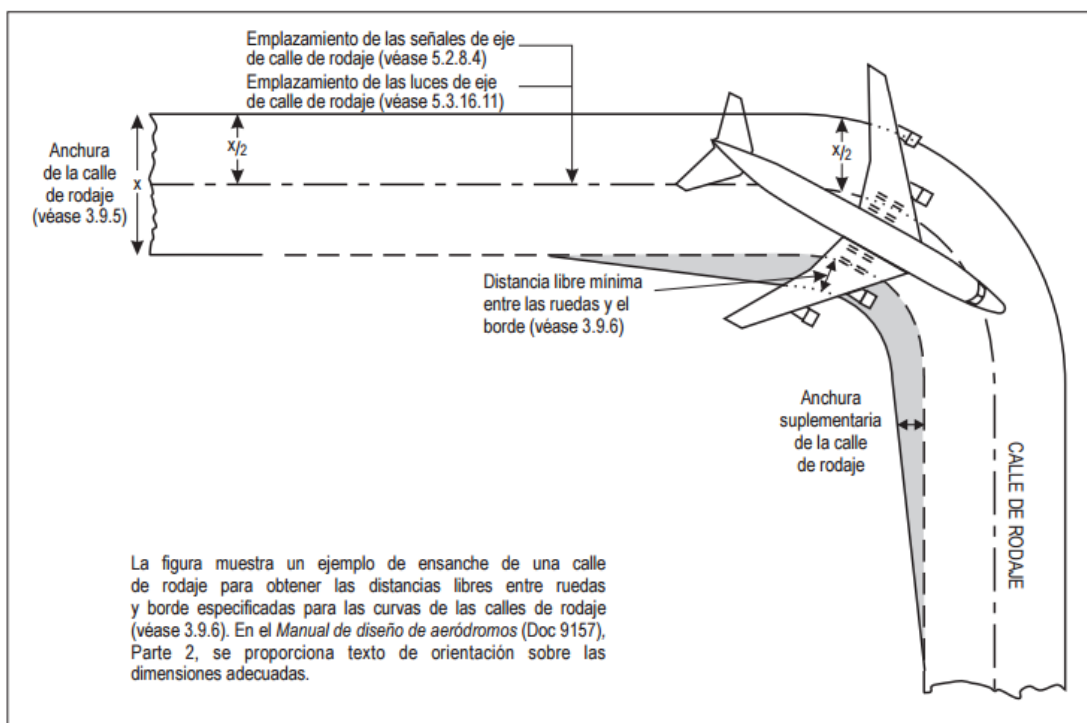
Curvas de las calles de rodaje

3.9.6 Recomendación. Los cambios de dirección de las calles de rodaje no deberían ser muy numerosos ni pronunciados, en la medida de lo posible. Los radios de las curvas deberían ser compatibles con la capacidad de maniobra y las velocidades de rodaje normales de los aviones para los que dicha calle de rodaje esté prevista. El diseño de la curva debería ser tal que cuando el puesto de pilotaje del avión permanezca sobre las señales de eje de calle de rodaje, la distancia libre entre las ruedas principales exteriores y el borde de la calle de rodaje no sea inferior a las especificadas en 3.9.3.

Uniones e intersecciones

3.9.7 Recomendación. Con el fin de facilitar el movimiento de los aviones, deberían proveerse superficies de enlace en las uniones e intersecciones de las calles de rodaje con pistas, plataformas y otras calles de rodaje. El diseño de las superficies de enlace debería asegurar que se conservan las distancias mínimas libres entre ruedas y borde especificadas en 3.9.3 cuando los aviones maniobran en las uniones o intersecciones.

Imagen 7. Uniones e intersecciones de calles de rodaje



Distancias mínimas de separación de las calles de rodaje

3.9.8 Recomendación. La distancia de separación entre el eje de una calle de rodaje, por una parte, y el eje de una pista, el eje de una calle de rodaje paralela o un objeto, por otra parte, no debería ser inferior al valor adecuado que se indica en la tabla 13, aunque pueden permitirse operaciones con distancias menores de separación en aeródromos ya existentes si un estudio aeronáutico indicara que tales distancias de separación no influirían adversamente en la seguridad, ni de modo importante en la regularidad de las operaciones de los aviones.

Tabla 13. Distancias mínimas de separación de las calles de rodaje

Letra de clave	Distancia entre el eje de una calle de rodaje y el eje de una pista (metros)								Distancia entre el eje de una calle de rodaje y el eje de otra calle de rodaje (metros)	Distancia entre el eje de una calle de rodaje que no sea calle de acceso a un puesto de estacionamiento de aeronaves y un objeto (metros)	Distancia entre el eje de la calle de acceso a un puesto de estacionamiento de aeronaves y un objeto (metros)
	Pistas de vuelo por instrumentos Número de clave				Pistas de vuelo visual Número de clave						
	1	2	3	4	1	2	3	4			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
A	82,5	82,5	-	-	37,5	47,5	-	-	23,75	16,25	12
B	87	87	-	-	42	52	-	-	33,5	21,5	16,5
C	-	-	168	-	-	-	93	-	44	26	24,5
D	-	-	176	176	-	-	101	101	66,5	40,5	36
E	-	-	-	182,5	-	-	-	107,5	80	47,5	42,5
F	-	-	-	190	-	-	-	115	97,5	57,5	50,5

Resistencia de las calles de rodaje

3.9.13 Recomendación. La resistencia de una calle de rodaje debería ser por lo menos igual a la de la pista servida, teniendo en cuenta que una calle de rodaje estará sometida a mayor intensidad de tránsito y mayores esfuerzos que la pista servida, como resultado del movimiento lento o situación estacionaria de los aviones.

Superficie de las calles de rodaje

3.9.14 Recomendación. La superficie de una calle de rodaje no debería tener irregularidades que puedan ocasionar daños a la estructura de los aviones.

3.9.15 Recomendación. La superficie de las calles de rodaje pavimentadas debería construirse de modo que proporcione buenas características de rozamiento cuando estén mojadas.

Calles de salida rápida

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

- 550 m cuando el número de clave sea 3 ó 4
- 275 m cuando el número de clave sea 1 ó 2

A fin de que sean posibles velocidades de salida, con pistas mojadas, de:

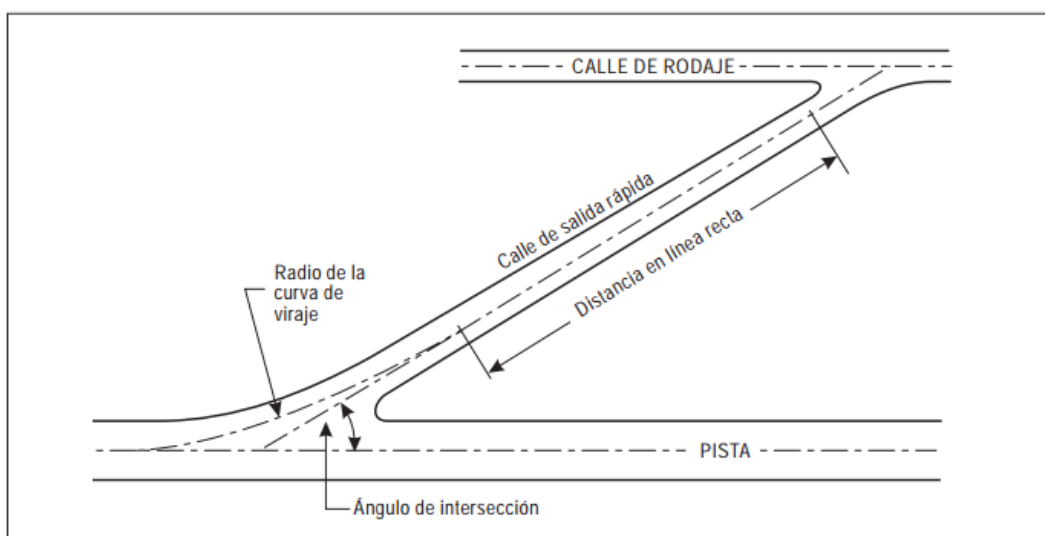
- 93 km/h cuando el número de clave sea 3 ó 4
- 65 km/h cuando el número de clave sea 1 ó 2.

3.9.17 Recomendación. El radio de la superficie de enlace en la parte interior de la curva de una calle de salida rápida debería ser suficiente para proporcionar un ensanche de la entrada de la calle de rodaje, a fin de facilitar que se reconozca la entrada y el viraje hacia la calle de rodaje.

3.9.18 Recomendación. Una calle de salida rápida debería incluir una recta, después de la curva de viraje, suficiente para que una aeronave que esté saliendo pueda detenerse completamente con un margen libre de toda intersección de calle de rodaje.

3.9.19 Recomendación. El ángulo de intersección de una calle de salida rápida con la pista no debería ser mayor de 45° ni menor de 25° , pero preferentemente debería ser de 30° .

Imagen 8. Ángulo de intersección de una calle de salida rápida



3.10 Márgenes de las calles de rodaje

3.10.1 Recomendación. Los tramos rectilíneos de las calles de rodaje que sirvan a pistas de letra de clave C, D, E o F deberían tener márgenes que se extiendan simétricamente a ambos lados de la calle de rodaje, de modo que la anchura total de la calle de rodaje y sus márgenes en las partes rectilíneas no sea menor de:

- 60 m cuando la letra de clave sea F
- 44 m cuando la letra de clave sea E
- 38 m cuando la letra de clave sea D
- 25 m cuando la letra de clave sea C

En las curvas, uniones e intersecciones de las calles de rodaje en que se proporcione pavimento adicional, la anchura de los márgenes no debería ser inferior a la correspondiente a los tramos rectilíneos adyacentes de la calle de rodaje.

3.10.2 Recomendación. La superficie de los márgenes de las calles de rodaje destinadas a ser utilizadas por aviones equipados con turbinas, debería prepararse de modo que resista a la erosión y no dé lugar a la ingestión de materiales sueltos de la superficie por los motores de los aviones.

3.11 Franjas de las calles de rodaje

Generalidades 3.11.1 Cada calle de rodaje, excepto las calles de acceso al puesto de estacionamiento de aeronave, deberá estar situada dentro de una franja.

Anchura de las franjas de las calles de rodaje

3.11.2 Recomendación. Cada franja de calle de rodaje debería extenderse simétricamente a ambos lados del eje de la calle de rodaje y en toda la longitud de ésta hasta la distancia con respecto al eje especificado en la columna 11 de la Tabla 13, por lo menos.

Objetos en las franjas de las calles de rodaje

3.11.3 Recomendación. La franja de la calle de rodaje debería estar libre de objetos que puedan poner en peligro a los aviones en rodaje.

Plataformas

Generalidades

3.13.1 Recomendación. Deberían proveerse plataformas donde sean necesarias para que el embarque y desembarque de pasajeros, carga o correo, así como las operaciones de servicio a las aeronaves puedan hacerse sin obstaculizar el tránsito del aeródromo.

Extensión de las plataformas

3.13.2 Recomendación. El área total de las plataformas debería ser suficiente para permitir el movimiento rápido del tránsito de aeródromo en los períodos de densidad máxima prevista.

Resistencia de las plataformas

3.13.3 Recomendación. Toda parte de la plataforma debería poder soportar el tránsito de las aeronaves que hayan de utilizarla, teniendo en cuenta que algunas porciones de la plataforma estarán sometidas a mayor intensidad de tránsito y mayores esfuerzos que la pista como resultado del movimiento lento o situación estacionaria de las aeronaves.

Márgenes de separación en los puestos de estacionamiento de aeronave

3.13.6 Recomendación. Un puesto de estacionamiento de aeronaves debería proporcionar los siguientes márgenes mínimos de separación entre la aeronave que utilice el puesto y cualquier edificio, aeronave en otro puesto de estacionamiento u otros objetos adyacentes:

Tabla 14. Márgenes de separación en los puestos de estacionamiento de aeronave

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

De presentarse circunstancias especiales que lo justifiquen, estos márgenes pueden reducirse en los puestos de estacionamiento de aeronaves con la proa hacia adentro, cuando la letra de clave sea D, E o F:

a) entre la terminal, incluido cualquier puente fijo de pasajeros y la proa de la aeronave

b) en cualquier parte del puesto de estacionamiento equipado con guía azimutal proporcionada por algún sistema de guía de atraque visual.

(Organización de Aviación Civil Internacional, 2009)

4 METODOLOGÍA

Mediante la información actual obtenida del aeropuerto proporcionada por las autoridades administrativas del aeropuerto del Grupo Aeroportuario del Pacífico, podremos establecer en dónde se encuentra el aeropuerto a nivel nacional, detectar sus oportunidades de crecimiento y mejora, así como sus debilidades y posibles amenazas, es decir, se realizará un análisis FODA que ejemplifique y analice lo que se conoce del aeropuerto.

Se realizará la comprobación de las recomendaciones establecidas en el capítulo 3 del Anexo 14 de la Organización de Aviación Civil Internacional, teniendo como limitante la evaluación de únicamente las sugerencias relacionadas con aspectos físicos medibles de la parte aérea del aeropuerto. Para esto nos valdremos de la herramienta Google Earth que nos proporcionará las imágenes satelitales para corroborar dichos valores. Se usa esta herramienta debido a que no se cuentan con los permisos necesarios para ingresar a la pista. Del mismo modo si existen datos específicos para los que se necesite autorización o permisos para obtener, como los planos y estudios de viento, se dejará claro la carencia de estos permisos por lo que se pasará al siguiente punto a ser examinado.

Con la información obtenida de dichos análisis se determinará el porqué es recomendable atender a lo estipulado en el anexo 14 y prestar atención a las áreas de seguridad necesarias para mantener un aeropuerto competitivo.

4.1 Análisis FODA

4.1.1 Fortalezas

- Ubicación estratégica del aeropuerto que le permite ser punto de entrada a ciudades como León, Silao, Guanajuato, Irapuato, entre otras.
- El aeropuerto cuenta con un servicio de transportación terrestre brindado por empresas externas lo que permite el fácil traslado a ciudades cercanas.
- Servicio de restaurantes y comida rápida al interior del aeropuerto.
- Pista y elementos con dimensiones adecuadas para atender aeronaves de mayor tamaño.
- Al ser un aeropuerto no saturado, los retrasos en vuelos son mínimos.
- Presencia de empresas internacional y nacionalmente importantes.

4.1.2 Oportunidades

- Llegada de empresas extranjeras del ramo automotriz al estado de Guanajuato por lo tanto un incremento en la demanda de vuelos comerciales.
- Creación de convenios con aerolíneas para manejar los slots a conveniencia en los horarios pico.
- Cercanía con ciudades de gran potencial turístico y económico.
- Capacidad de crecimiento sin necesidad de reubicar población.
- Al ser un aeropuerto no saturado pueden operar aviones de gran capacidad sin que esto represente un problema.
- Ubicación del Puerto Interior cercano, con lo que se puede potenciar el manejo de mercancías.

4.1.3 Debilidades

- Falta de infraestructura para atender el aumento de la demanda derivada del crecimiento industrial de la región.
- Falta de servicios a pasajeros (cajeros, zonas de espera, comercios, entre otros) para proporcionar calidad y comodidad durante su paso por el Aeropuerto Internacional de Guanajuato.
- Capacidad reducida del Edificio Terminal.
- Cantidad reducida de aerolíneas que operan en el Aeropuerto Internacional de Guanajuato.

4.1.4 Amenazas

- Aumento en costos como combustibles y boletos de avión.
- Cercanía con el AICM y próximamente el NAICM.
- Crecimiento de aeropuertos como el de Querétaro o Celaya.
- Falta de interés por viajar al Bajío.

4.2 Evaluación de los elementos del AIG

4.2.1 Pistas

Para poder conocer si la pista del aeropuerto se dispuso en una posición correcta se considera lo estipulado en la sección 3.1. donde establece que la pista debe

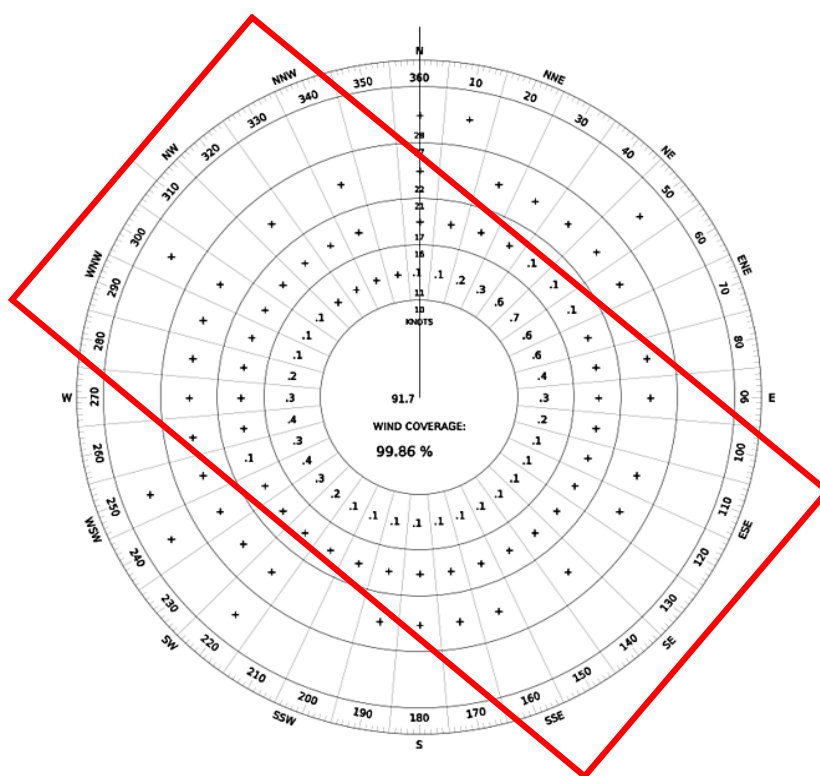
tener un coeficiente de utilización mayor al 95% y contar con datos confiables del aeropuerto de al menos 5 años.

Para este caso podemos valer nos de la herramienta generadora de rosa de los vientos de la página de la FAA (Federal Aviation Administration). La FAA mantiene un registro de vientos del Aeropuerto Internacional de Guanajuato (MMLO) desde el año 2007 lo cual nos permite cumplir con los datos mínimos para dicho propósito.

Para continuar con método, tomamos la componente de viento cruzado que nos establece el Anexo 14 para los aviones cuya longitud de campo de referencia es mayor a 1,500 m como es el caso del AIG, que es de 37 km/hr (20 kt). Para los vientos de cola, La FAA establece que si la pista es utilizada en ambas direcciones, entonces se considere una componente de 60 kt.

Con estos valores y los registros proporcionados por la FAA se obtiene el siguiente resultado: un coeficiente de utilización del 99.86%.

Imagen 9. Rosa de Vientos con el coeficiente de utilización



Fuente: Elaboración por medio de la FAA.

En la imagen 9 se observa la orientación de la pista con los vientos marcados sobre esa área cubren el porcentaje mínimo estimado por el Anexo 14.

4.2.1.1 Emplazamiento del umbral

Para poder determinar el umbral de la pista con la que cuenta el AIG, se utilizará la herramienta de Google Earth.

Imagen 10. Umbral de la pista en ambos extremos

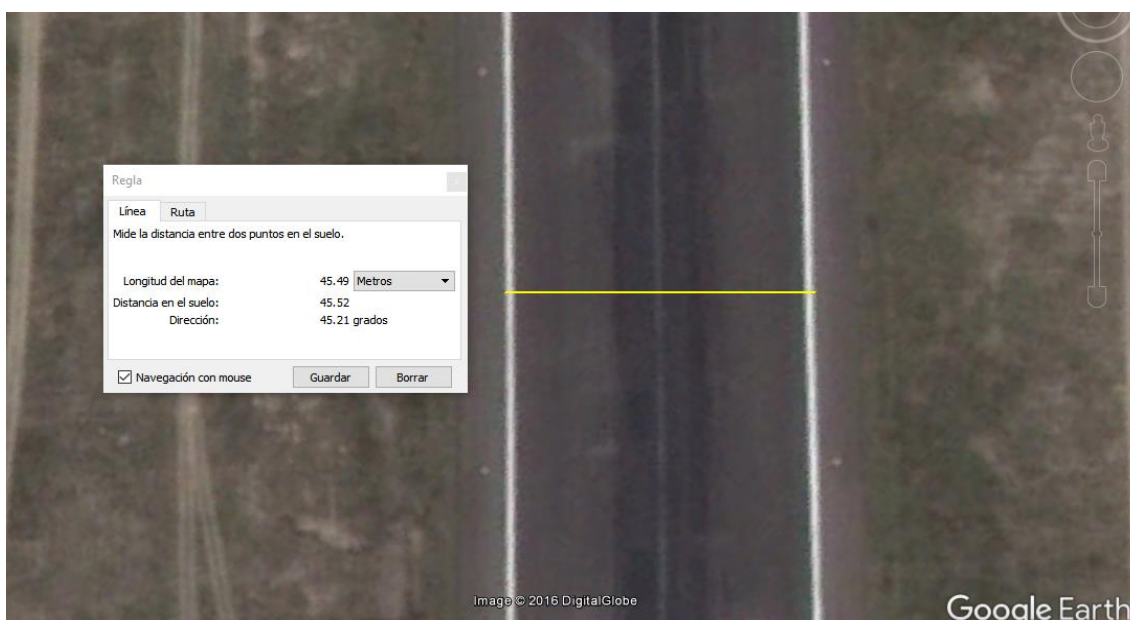


Tras observar la imagen se puede corroborar que efectivamente el umbral se ubica en los extremos de la pista, con las líneas verticales que la distinguen.

4.2.1.2 Ancho de la pista

Con respecto a la anchura de pistas, según la recomendación 3.1.10, la anchura de toda la pista no deberá ser menor de 45 m, según la clasificación del aeropuerto en estudio. Para verificar este requisito se realizó su medición por medio de Google Earth, obteniendo el siguiente resultado:

Imagen 11. Ancho de pista



El ancho de pista es de aproximadamente 45.49 m por lo que el AIG cumple con lo recomendado en el Anexo 14.

4.2.1.3 Pendiente de la pista

Para poder determinar la pendiente de la pista, se hará uso de la misma herramienta de Google Earth. Creando una ruta sobre la imagen satelital, se puede obtener el perfil del territorio, como se muestra en la imagen 12.

Imagen 12. Pendiente de pista



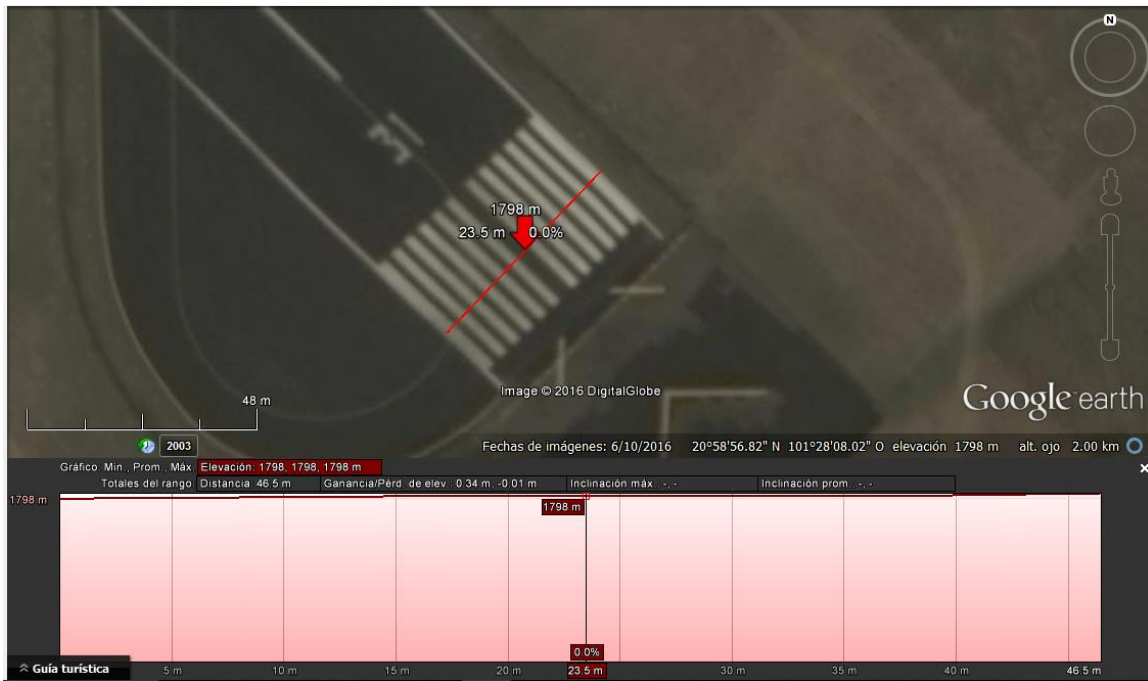
Nota: La imagen del terreno se ve exagerada de origen con el fin de mostrar o acentuar los desniveles del terreno los cuales no pasan de los 2 m de acuerdo al perfil de Google Earth.

A pesar de que no sea considerado el mejor método para obtener la pendiente, sí refleja de buena manera el terreno que se puede encontrar en la zona. Siguiendo y considerando correctos los procedimientos y la herramienta se puede determinar que la pista se encuentra en terribles condiciones pues presenta muchos cambios de pendiente a todo lo largo, además de que no cumple con lo estipulado en la recomendación del Anexo 14 en su sección 3.1.13. pues se tiene una pendiente promedio de 2.2% pero con pendientes máximas de 7.7% y -6.7%.

4.2.1.4 Pendientes transversales

Tomando el mismo método que se utilizó para obtener la pendiente longitudinal de la pista, esta vez obtendremos 11 pendientes transversales a lo largo de la pista y a cada 350 m con el fin de obtener una muestra más representativa.

Imagen 13. Pendientes transversales



En cada una de las mediciones transversales se obtuvo una pendiente del 0.0% a pesar de que en algunos casos sí se observó una variación en el terreno no implicó un cambio notable que modificara la pendiente. Por lo tanto podemos llegar a la conclusión de que no se tiene un buen bombeo debido a lo establecido en la sección 3.1.19, donde establece que la pendiente transversal no puede ser inferior al 1%, aspecto en el que la pista del aeropuerto Internacional del Bajío no cumple.

4.2.1.5 Superficie de la pista

Con respecto a lo establecido con la superficie de la pista, este es un parámetro que está fuera del alcance ya que las mediciones de las características de rozamiento en la pista, según lo establecido en el capítulo 3, se deberá efectuar por medio de un dispositivo de medición continua del rozamiento, por lo que es obligatorio la verificación en campo para determinar si se cumple o no con la recomendación.

4.2.1.6 Márgenes de las pistas

Las pistas con clasificación D deberán tener márgenes en toda la pista, recomendación que es atendida por el Aeropuerto Internacional de Guanajuato. Sus márgenes se extienden simétricamente a ambos lados de la pista, para verificar que el ancho total de pista es de mínimo 60 m, se realizaron 5 mediciones en puntos aleatorios, obteniendo los siguientes resultados:

Imagen 14. Márgenes de pista



Tabla 15. Puntos de análisis para determinar la dimensión del ancho de pista

Puntos de análisis	Ancho total del pista (m)
1	60.3
2	60
3	62.2
4	61
5	60.3

Las pendientes de los márgenes de la pista son igual a 0.0% manteniéndose dentro de la pista y cumple con la recomendación de no exceder el 2.5% de pendiente transversal. La imagen 15 muestra la pendiente de una sección con ayuda de Google Earth.

Imagen 15. Pendientes de los márgenes de pista



4.2.2 Plataforma de viraje en la pista

En lo establecido en la sección 3 del Anexo 14 se dice que si no se cuenta con una calle de rodaje o una curva de viraje sobre la calle de rodaje será necesario proporcionar una plataforma de viraje en la pista.

Para el caso del AIG no se cuenta con una calle de rodaje al final de la pista, por ello sí se tienen las plataformas de viraje con una configuración típica, en ambos extremos de la pista y del lado izquierdo como se establece en el Anexo 14, lo que permite el viraje de los aviones 180° de la manera más cómoda ya que el asiento del piloto normalmente se encuentra del lado izquierdo. La imagen 16 muestra el diseño típico de una plataforma de viraje.

Imagen 16. Diseño de una plataforma de viraje

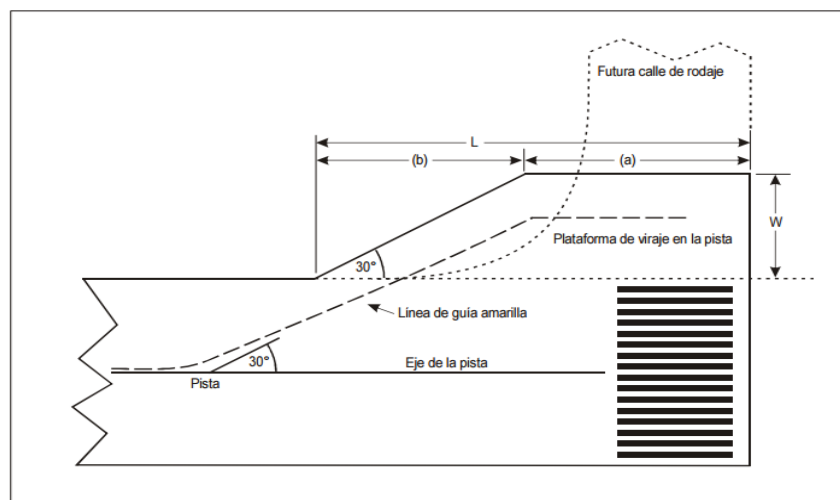


Imagen 17. Plataforma de viraje en la pista 13

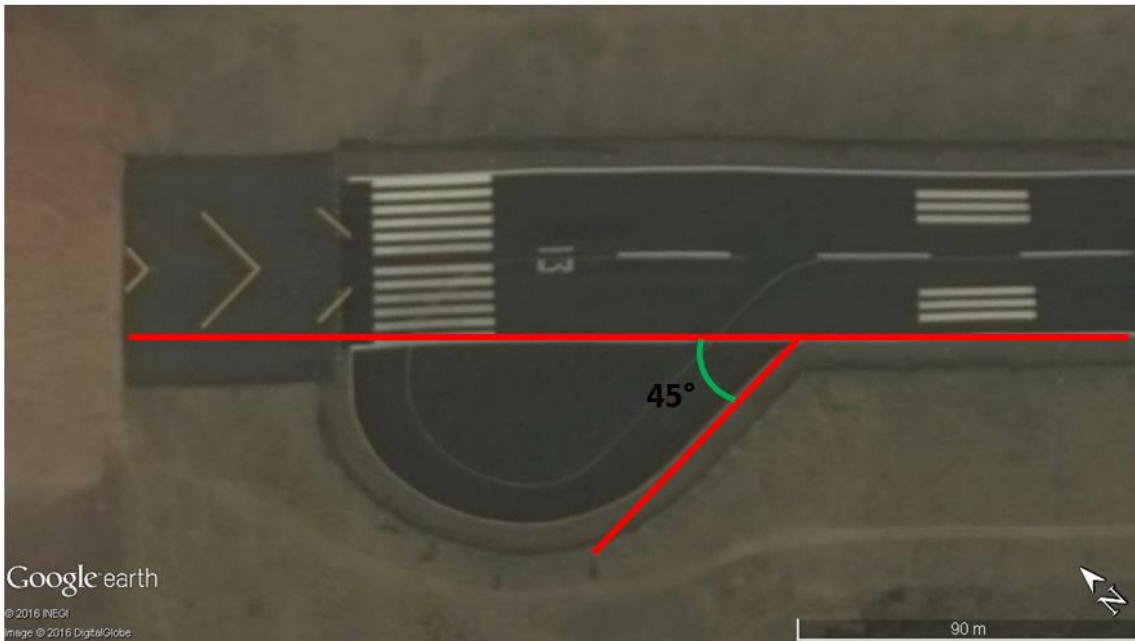


Imagen 18. Plataforma de viraje en la pista 31

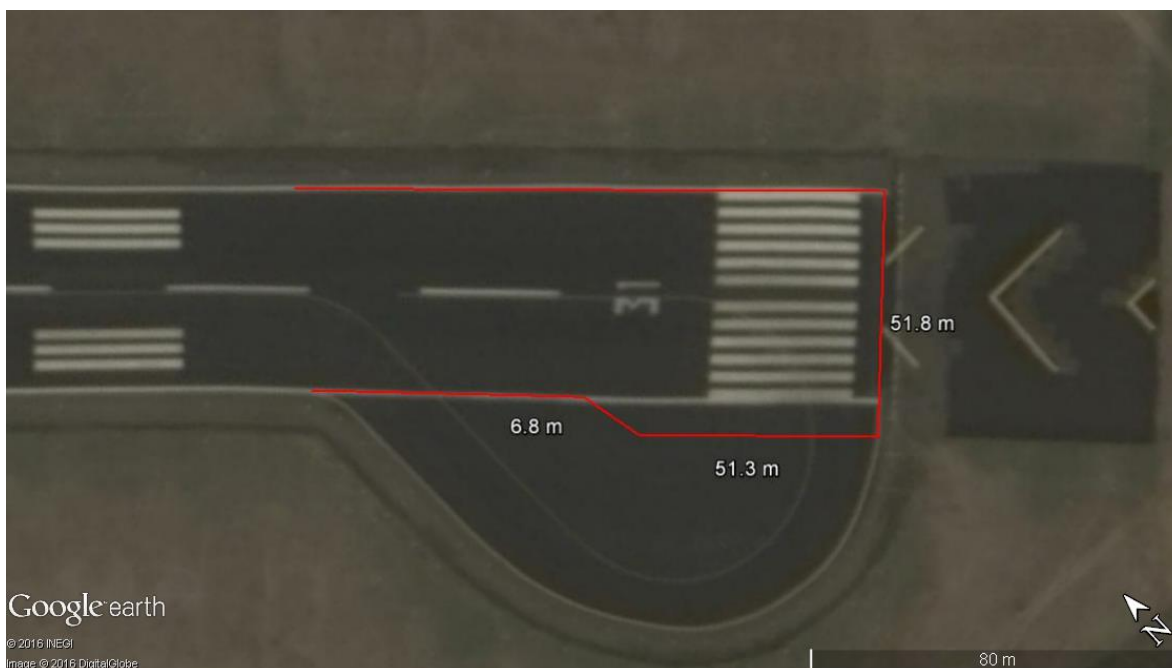


Aunque actualmente se está construyendo una calle de rodaje paralela a la pista, que reduciría el tiempo de utilización de la pista, ya que permitiría un desalojo más rápido, está no llega hasta el extremo del lado de la pista 13, lo que aun hace necesarias las plataformas de viraje.

Las imágenes 17 y 18 muestran el ángulo de 45° de intersección de la plataforma de viraje con la pista, el cual excede los 30° que el Anexo 14 recomienda.

Además de contar con una serie de inconsistencias que marcan tanto el Manual de diseño de aeródromos como el Anexo 14, pues el ancho total no corresponde al tipo de aeronave de diseño, dando un total de 92 m que corresponde a un avión de letra clave "E". Caso distinto se presenta en el largo total desde el comienzo de la plataforma de viraje hasta el final de la pista, pues corresponde a un avión de letra clave "D", midiendo 119 m, dato similar al que establece el Manual de 122.5 m para aviones de este tipo. Sin embargo el avión crítico o de diseño es el BOEING 737-700, que corresponde a un avión de letra clave "C". En la imagen 19 se muestra cómo debería estar la plataforma de viraje.

Imagen 19. Zona con la plataforma de viraje teórica



A pesar de no cumplir con las especificaciones para la aeronave crítica que se declara, cuenta con características sobradas para lo que necesita. Sin embargo también existe la posibilidad de que la curva se haya diseñado para aeronaves de mayores dimensiones si tomamos en cuenta que al realizarse la pista se diseñó para aviones tipo "D". Esto sólo se suma a la serie de inconsistencias descubiertas.

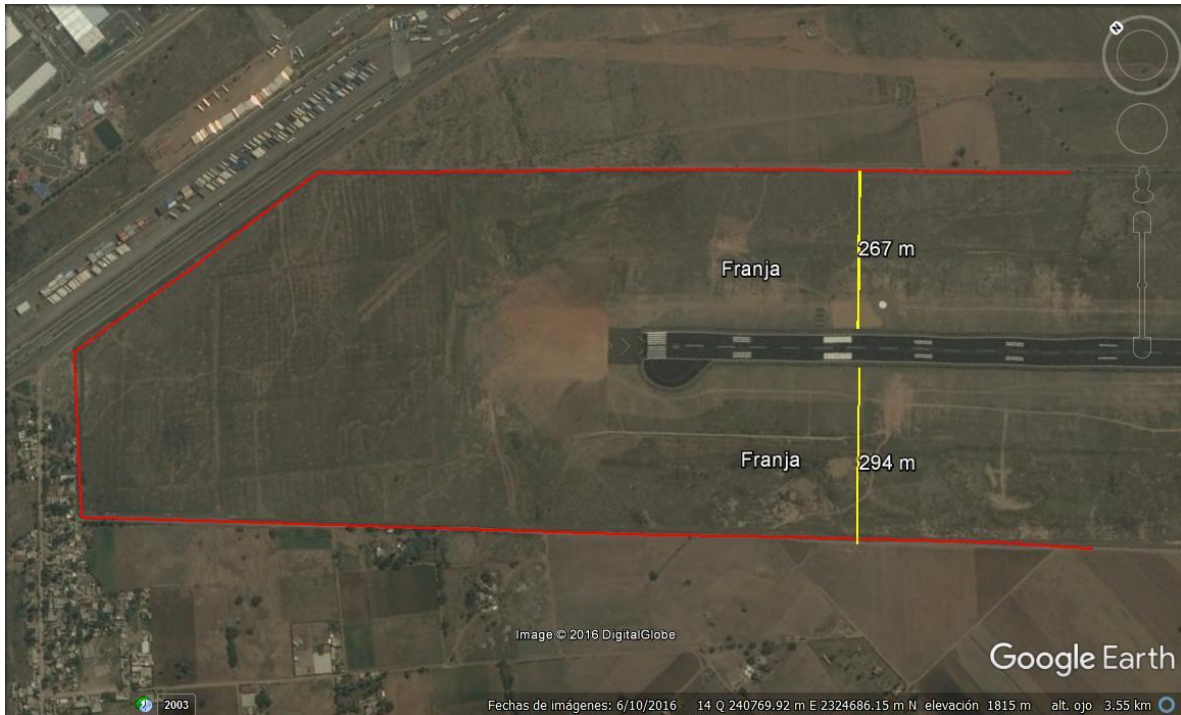
4.2.3 Franja de pista

La recomendación establece que la franja de pista debe extenderse antes del umbral y más allá del extremo de la pista, la distancia desde que inicia la franja al inicio del umbral es considerablemente mayor a 60 m y se extiende lateralmente

por más de 200 m por lo que es una sugerencia que cumple el aeropuerto en estudio.

A continuación se presenta la imagen 20 que justifican la satisfacción de lo citado anteriormente:

Imagen 20. Franja de pista en el Aeropuerto Internacional de Guanajuato



4.2.4 Áreas de seguridad de extremo de pista.

De acuerdo a lo establecido en el Anexo 14, al final de cada extremo de la pista debe existir un área de seguridad que permita reducir el riesgo a daños de aeronaves que realicen aterrizajes y despegues demasiado cortos o largos. En el AIG se pueden observar estas zonas de seguridad en cada extremo como se muestran en la imagen 21.

Imagen 21. Áreas de seguridad de extremo de pista



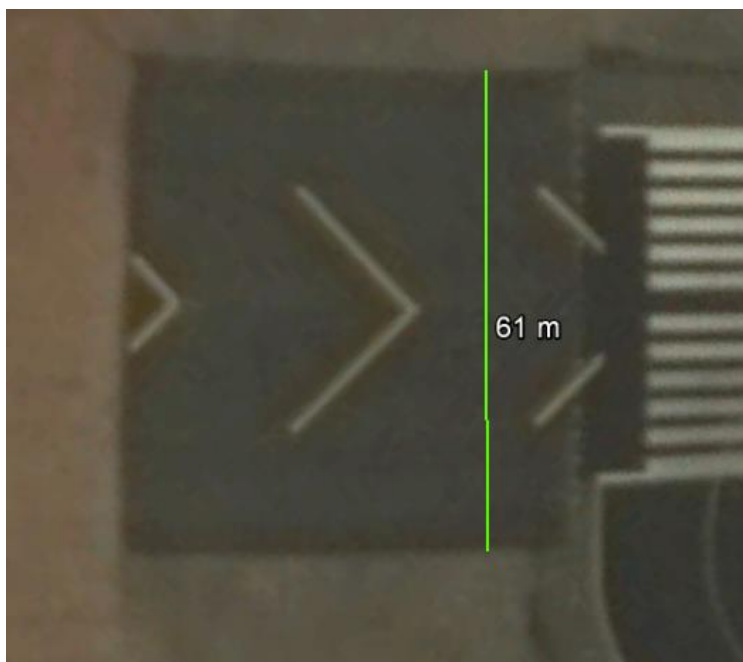
A continuación se presentan los resultados sobre las recomendaciones de las áreas de seguridad de extremo de pista. El aeropuerto Internacional de Guanajuato cuenta con estas zonas que tienen con una longitud de 53.4 m, por lo que no cumple con los 90 m establecidos en el Anexo 14. Se extienden a una distancia de 274 m desde el extremo de la franja de pista por lo que esta recomendación satisface lo solicitado, ya que se estipula que la mínima distancia sea de 240 m para aeropuertos con el número de clave 4.

Imagen 22. Distancias para las áreas de seguridad de extremo de pista



También se establece que la anchura del área de seguridad de ser de por lo menos el doble de la pista. La anchura de nuestra pista es en promedio de 45 m, por lo que no se cumple con la recomendación ya que las áreas de seguridad de la pista en estudio tienen un ancho de tan solo 61 m. La imagen 23 muestra la medida del ancho del área de seguridad del extremo de la pista que se tiene en el AIG.

Imagen 23. Ancho de la RESA



4.2.5 Calles de rodaje

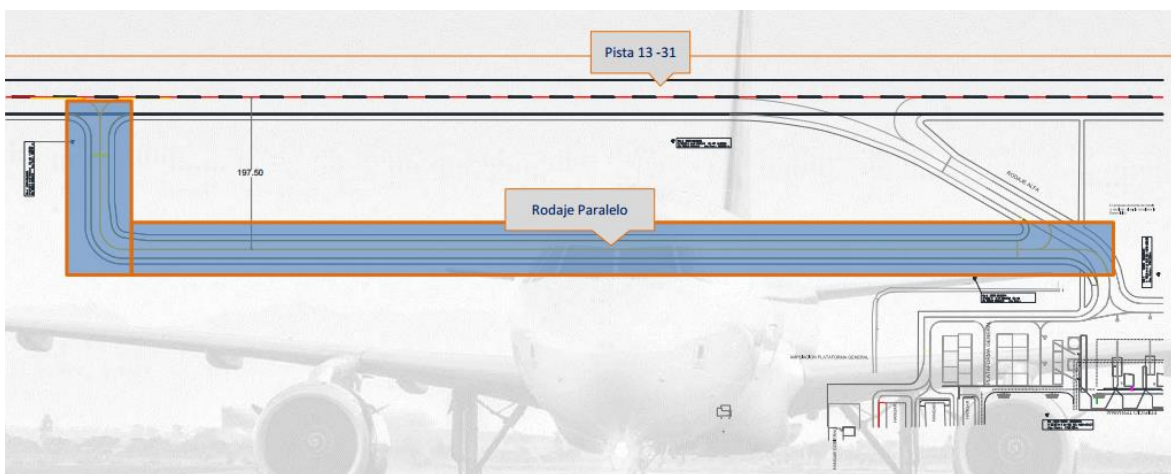
De acuerdo a lo establecido en el Anexo 14 se deberá proveer calles de rodaje que permitan el movimiento seguro y rápido de los aviones. Tener suficientes calles tanto de entrada como de salida a la pista, dando así, rapidez en los movimientos y despejando la pista lo más pronto posible y no provocar demoras en los casos de gran demanda. En la imagen 24 se muestran las calles de rodaje del AIG, las cuales son 2 nombradas Alpha y Bravo; actualmente se están construyendo dos más en los extremos de la pista que ayudarán a la tarea de desalojar de manera más rápida la pista y así poder hacer crecer la capacidad de ésta.

Imagen 24. Calles de rodaje



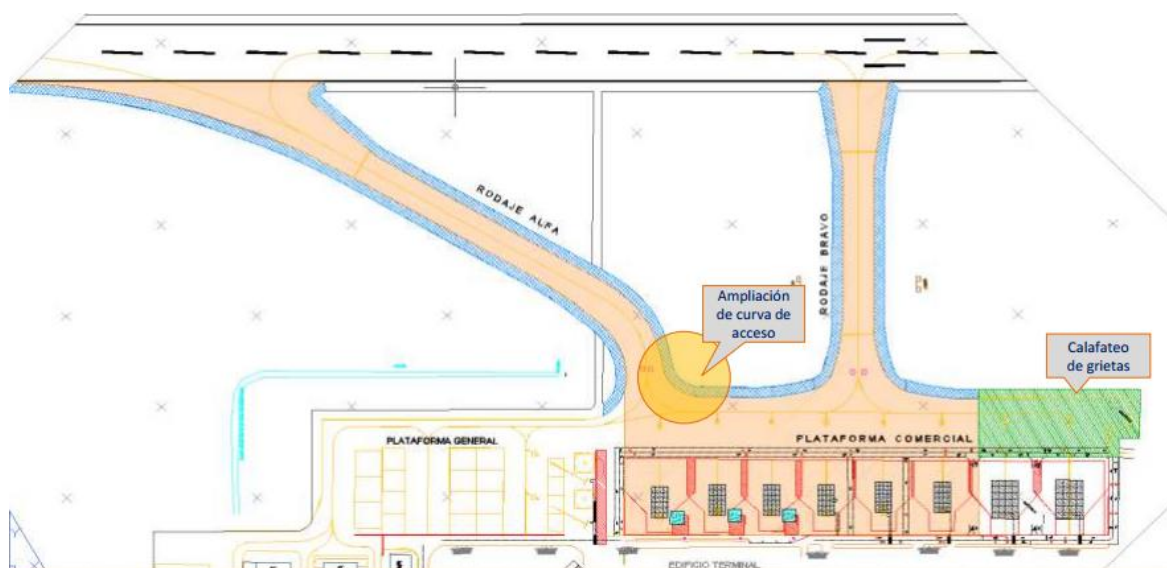
También es posible ver que las curvas de la calle de rodaje Bravo, tienen un radio de curvatura muy chico, es decir, la curva no permite un movimiento más libre y restringe mucho la velocidad en esa maniobra. Es por ello que en el plan de la remodelación del AIG, se está contemplando dejar de utilizar esta calle de rodaje y en su lugar utilizar la calle de rodaje que se localizará en la parte media de la pista 13 como se muestra en la imagen 25; así como la calle de rodaje Alpha, a la cual también se le tiene contemplada una ampliación de la curva de acceso como se muestra en la imagen 26.

Imagen 25. La nueva calle de rodaje paralela a la pista.²



² Imagen propiedad de la Comisión consultiva del Aeropuerto Internacional de Guanajuato.

Imagen 26. Plano muestra de la ampliación de curva de acceso.³



Adicionalmente se establece que debe existir una distancia de seguridad entre el borde exterior de las llantas y el borde de la calle de rodaje de 4.5 m para un aeropuerto tipo D. Para poder corroborar si las distancias con las que cuentan las calles de rodaje son las correctas de acuerdo al Anexo 14, es necesario saber el ancho exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal del avión crítico. Como ya se estableció anteriormente, el avión crítico es el Boeing 737-700 cuya ancho exterior entre ruedas del tren principal es de 7.0 m.

Considerando lo anterior, la calle de rodaje debe tener un ancho tal en el que quepa el tren de aterrizaje principal y queden 4.5 m a cada lado entre el borde exterior de las llantas y el borde de la calle de rodaje, lo cual se observa en la imagen 27 que sí cumple satisfactoriamente, cumpliendo así, incluso, con el ancho de la calle recomendado para aviones tipo D de 23 m y cuya distancia entre ruedas exteriores del tren de aterrizaje principal sea igual o superior a 9 m.

Estas calles de rodaje cumplen además con la recomendación de que en un tramo rectilíneo el ancho total considerando la calle de rodaje y sus márgenes, debe ser en total de no menos de 38 m, lo cual cumple de igual manera satisfactoria dicha recomendación en ambas calles.

³ Imagen propiedad de la Comisión consultiva del Aeropuerto Internacional de Guanajuato.

Imagen 27. Ancho de calle de rodaje



A pesar de que la calle principal de rodaje (Alpha), se ubica a una distancia adecuada para utilizarse como calle de salida rápida por los aviones que componen la flota del AIG, de que cumple con el ancho en la entrada y con un ángulo adecuado para este fin, se tendría cierto conflicto en horas pico si la pista es requerida en esa dirección por condiciones del viento ya que también hace la función de calle de acceso. Por otra parte, en determinado caso que se quiera recibir aeronaves de mayores dimensiones como categoría E y F, la longitud necesaria para frenar de estos es mayor por lo que la calle de rodaje.

4.2.6 Plataformas

El Anexo 14 pide que se tenga un área donde se pueda realizar el embarque y desembarque de pasajeros, carga o correo y que no obstaculice las demás operaciones. La extensión de esta plataforma debe ser tal que permita un rápido movimiento del tránsito sin estorbar a las demás aeronaves en los períodos de máxima densidad. Como se puede observar en la imagen 28, el AIG cuenta con suficiente espacio para realizar dichas maniobras si consideramos su actual demanda.

Los márgenes que deben existir entre cada puesto de estacionamiento para aeronaves debe ser, para un aeropuerto tipo "D", de 7.5 m. La envergadura de la aeronave crítica es de 34.32 m, además coincide en ser la de mayor envergadura de todas las aeronaves que componen la flota del AIG. Si se colocará un Boeing 737-700 en cada puesto de estacionamiento se tendrían las siguientes distancias entre cada avión que se muestran en la imagen 28.

Imagen 28. Distancias entre puestos de estacionado



En la imagen 28 se puede observar que en todos los puestos de estacionamiento se cumple la condición de la distancia mínima para dicho avión pues la distancia mínima registrada fue de 7.5 m, mientras que la mayor que se obtuvo fue de 12.5 m.

5 ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

Tras los resultados obtenidos podemos establecer dos puntos:

- El aeropuerto necesita un plan con una inversión que permita poner al Aeropuerto Internacional de Guanajuato como uno de los principales activos del país. Necesita crear planes para satisfacer las necesidades de seguridad y de infraestructura que demanda la aviación actual.

Las inconsistencias son numerosas, de acuerdo a la junta consultiva del aeropuerto, su aeronave crítica es el Boeing 737-700, sin embargo los diseños de la pista, la plataforma, las plataformas de viraje y las calles de rodaje parece que están diseñados para aeronaves categoría D. Es por eso que me resultaron dichos incumplimientos al capítulo 3.

- La ciudad de León y el estado tienen un desarrollo acelerado por la inversión que está trayendo la industria automotriz, por lo que debería empezar a ser una demanda por parte del estado invertir en un aeropuerto que pueda estar preparado para dicho crecimiento.

Por otra parte, el AIG se encuentra en un buen momento para llevar a cabo reparaciones y remodelaciones que le permitan estar a la altura de los retos que se pueden presentar en un futuro. Si bien, se nota complicada la construcción de una nueva pista ya sea paralela o cruzada debido a que en sus alrededores ya se tiene crecimiento urbano, se podría pensar en la ampliación de la pista actual a una longitud final incluso de 4.5 km. Pues se cuenta con el terreno para cumplir aun así las condiciones de seguridad en los extremos, lo cual le permitiría recibir aeronaves categoría E si es que no se desea invertir más en ampliar el ancho de pista.

Como mejoras también se puede pensar en la construcción de calles de salida rápida en ambas direcciones que permitan el rápido desalojo de la pista, así como calles de rodaje de acceso que no interfieran con las operaciones de aterrizaje y desalojo. Estas condiciones podrían brindarle los años necesarios para maximizar su capacidad y poder pensar en un nuevo aeropuerto a tiempo cuando así se necesite ya que actualmente su horizonte de saturación se vislumbra lejano.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Horonjeff, R., McKelvey, F., & Sproul, W. (2010). *Planning and design of airports*. McGraw Hill Professional.
- Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. (2 de Diciembre de 2015). *Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México*. Recuperado el 23 de Enero de 2017, de <https://www.aicm.com.mx/aicm/acerca-del-aicm/breve-historia>
- AVIA.PRO. (2013). *avia.pro*. Recuperado el 14 de marzo de 2017, de <http://es.avia.pro/blog>
- Banco Mundial. (2016). *Banco Mundial*. Recuperado el 30 de Enero de 2017, de <http://datos.bancomundial.org/indicador/IS.AIR.DPRT?end=2015&locations=MX&start=1970&view=chart>
- Cámara Nacional de Aerotransportes. (14 de Junio de 2016). Recuperado el 23 de Enero de 2017, de <http://canaero.org.mx/ven-crecimiento-en-mexico-en-materia-de-aviacion-comercial/>
- Colegio de Pilotos Aviadores de México, A.C. (s.f.). *Colegio de Pilotos*. Recuperado el 23 de Enero de 2017, de <http://www.colegiodepilotos.org/nosotros/la-aviación-en-méxico/>
- Dirección General de Aeronáutica Civil. (2013). *Requisitos para regular la construcción, modificación y operación de los aeródromos civiles*.
- Dirección General de Planeación y Dirección de Información y Análisis del Estado de Guanajuato. (2016). *Observatorio turístico*. Recuperado el 22 de Enero de 2017, de <http://www.observatorioturistico.org/cenDoc/2ac58-Conectividad-Aerea--Noviembre.pdf>
- Fallingrain. (2016). *Fallingrain*. Recuperado el 9 de Febrero de 2017, de <http://www.fallingrain.com/icao/MMLO.html>
- Federal Aviation Administration. (2016). Recuperado el 20 de Febrero de 2017, de <https://airports-gis.faa.gov/windRose/windDataDownload.jsp?isRecordFound=true&locID=MMLO&statedID=&usaf=765773&wban=99999&stationName=GUANAJUATO%20INTL&beginYear=2007&endYear=2016&requestToken=1487816546560>
- Gobierno de la República. (2013-2018). *Plan Nacional de Desarrollo*. Ciudad de México.

Gobierno de México. (s.f.). *gob.mx*. Recuperado el 6 de Febrero de 2017, de <http://www.gob.mx/asa/que-hacemos>

Grupo Aeroportuario del Pacífico. (2013). *Reunión de la Comisión Consultiva Aeropuerto Internacional de Guanajuato*. Silao.

Grupo Aeroportuario del Pacífico. (2015). *Comisión Consultiva Aeropuerto Internacional de Guanajuato*. Silao.

Grupo Aeroportuario del Pacífico. (2015). *Grupo Aeroportuario del Pacífico*. Recuperado el Enero de 2017, de <https://www.aeropuertosgap.com.mx/es/guanajuato/aerolineas.html>

Grupo Aeroportuario del Pacífico. (2016). *Comisión Consultiva Aeropuerto Internacional de Guanajuato*. Silao.

Instituto de planeación del Estado de Guanajuato. (2012). *Política de Gestión y coordinación de las zonas metropolitanas en el estado de Guanajuato*. Guanajuato.

López Parra, A., & Servin Sánchez, G. (27 de Junio de 2008). *Diagnóstico del Impacto Ambiental del Aeropuerto Internacional de Guanajuato*. México, D.F.

Organización de Aviación Civil Internacional. (2006). *Manual de diseño de aeródromos*. Quebec: Organización de Aviación Civil Internacional.

Organización de Aviación Civil Internacional. (2009). *Anexo 14 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional*. Quebec: Organización de Aviación Civil Internacional.

Periódico Oficial del Gobierno de Guanajuato. (2008). *Decreto Gubernativo, número 72*. Guanajuato.

Secretaría de Comunicaciones y Transporte. (2013). *Programa de inversiones en infraestructura de transporte y comunicaciones*. Ciudad de México.

Secretaría de Comunicaciones y Transporte. (2015). *Anuario Estadístico, Sector Comunicaciones y Transporte*. Ciudad de México.

Truyols Mateu, S., & Alcubilla de la Fuente, F. (2010). *Transporte aéreo e Ingeniería Aeroportuaria*. Madrid: Delta Publicaciones.