

ANÁLISIS LOGÍSTICO Y SIMULACIÓN DE UNA CALLE DE RETORNO PARALELA EN UN AEROPUERTO REGIONAL

Bárbara Alexandra Anaya Sánchez¹, Maestría, Área de especialización: diseño, manufactura y operaciones aéreas, barbara.anaya@uacj.mx

Geovani Esaú García Sánchez¹, Maestría, Área de especialización: diseño aerodinámico, geovani.garcia@uacj.mx

Carlos Alberto Gómez Álvarez¹, Maestría, Área de especialización: operaciones aéreas, carlos.gomez@uacj.mx

Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura, Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Av. del Charro 450 Norte, Cd. Juárez, Chihuahua 32310, México

Resumen

La evolución y el desarrollo de la industria aeronáutica exigen que día a día este medio de transporte implemente metodologías que encaminan a la seguridad operacional de las aeronaves, afortunadamente vivimos en una era técnica en la que la tecnología domina las ideas innovadoras para optimizar procesos.

En el presente artículo hacemos uso en particular de la tecnología del software SIMIO para aeropuertos, a través del cual se realizará una representación tridimensional de las operaciones diarias en horarios de relevancia para realizar una propuesta de mejora, que consiste en la adición de una calle de retorno paralela a la pista principal del aeródromo con el fin de optimizar el espacio disponible promoviendo un decremento en los patrones de espera que actualmente afectan significativamente las operaciones de las aerolíneas que ahí laboran, todo fundamentado en el marco jurídico que rige en términos de aviación dentro de nuestro país.

Palabras clave

Software, aeródromo, patrones de espera, operaciones aeronáuticas, rodaje paralelo.

Abstract

The evolution and development of the aeronautical industry demand that every day this means of transport implement methodologies that lead to the operational safety of aircraft, where we fortunately live in a technical era in which technology dominates innovative ideas to optimize processes.

In the present article, we use in particular the SIMIO software technology for airports, through which a three-dimensional representation of the daily operations will be carried out in times of relevance to make an improvement proposal, consisting of a parallel return street addition to the main runway of the aerodrome, in order to optimize the available space by promoting a decrease in the waiting patterns that currently significantly affect the operations of the airlines that work there, all based on the legal framework that governs in terms of aviation within our country.

Keyword

Software, aerodrome, waiting patterns, aeronautical operations, parallel street.

Introducción

Los avances que la industria aeronáutica ha desarrollado a lo largo de los años son de admirarse, la aviación ha presentado un crecimiento significativo y destaca sobre todo tipo de transporte gracias a la rapidez y seguridad que viajar en una aeronave representa. Sin embargo, las condiciones latentes relacionadas a la industria de la aviación son innumerables y difíciles de controlar, por lo que en la actualidad nos encontramos con diversas herramientas de apoyo en cuestión de tecnología que permiten visualizar las operaciones aéreas de forma global, identificando las condiciones de riesgo presentes en dichas operaciones y promoviendo estimaciones diversas con el objetivo de sustentar la planeación de la infraestructura aeroportuaria.

En la actualidad los servicios aeroportuarios que se prestan en los diferentes aeródromos son proporcionados con la intención de satisfacer las necesidades del cliente y sus requerimientos de mayor exigencia. Dichos servicios no solo benefician al consumidor, sino que funcionan como apoyo para el personal del aeropuerto.

Los servicios aeroportuarios así como la infraestructura del mismo se encuentran definidas por el marco jurídico emitido por la autoridad aeronáutica en nuestro país, la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC). (DGAC, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2016).

Cabe resaltar que “la normativa aplicable nacionalmente emite sus recomendaciones desde 1928” (Romero, Aeropuertos, Historia de la Construcción Operación y Administración Aeroportuaria en México, 2003). Sin embargo, en los años 20’s, no contábamos con la tecnología de ahora, es decir, no se había construido la primera computadora ni la base de los primeros programas de simulación, por este motivo era prácticamente imposible realizar una proyección de las planeaciones desarrolladas y sustentadas bajo la normativa que hoy en día conocemos en el ámbito de la aeronáutica. (TOMASI, 2003).

El aeropuerto regional en el cual se basa el desarrollo del presente artículo, presenta en la actualidad una situación inconveniente en el área de movimientos particularmente sobre la pista principal generando consigo una serie de patrones de espera en las aeronaves que se encuentran en su etapa de aproximación al aeródromo, este problema se deriva de una mala infraestructura en el área de movimientos, mismo problema se pretende atacar por medio del desarrollo del plan logístico que permitirá identificar los puntos susceptibles y corregirlos. La corrección de estos puntos débiles se encuentra fundamentadas en la base legislativa correspondiente a nuestro país, principalmente el anexo 14 de aerodromos y simulada por medio del software SIMIO para aeropuertos brindando un resultado óptimo con ideas nuevas de mejora derivando operaciones seguras y expeditas a través del modelado logístico avanzado y flexible en tres dimensiones.

Marco de referencia

En la industria de la aviación los procesos que se desarrollan dentro de un aeropuerto requieren de estándares específicos que permiten garantizar en todo momento la seguridad de las operaciones, actualmente y con apoyo de la tecnología es posible crear escenarios hipotéticos que simulan las condiciones en las operaciones aéreas. Estas operaciones y los protocolos desarrollados dentro del área operativa son estrictamente validados con el fin de cumplir en su totalidad con las

normas que rigen a la industria aérea en nuestro país, garantizando una operación segura, expedita y óptima. De ahí la importancia de la implementación de software de simulación logística en las propuestas de mejora para el ámbito aeroportuario y sus operaciones.

Materiales y método

A través de la metodología se establecen una sucesión de pasos organizados, con el fin de cumplir uno o varios objetivos de acuerdo a los procedimientos que fueron implementados. El contenido del presente artículo está dirigido a la etapa de simulación de la planeación logística en las operaciones del aeropuerto propuesto para la investigación. A continuación se muestra la representación metodológica en la figura 1 de la parte teórica competente al marco normativo que fundamenta dicha simulación.

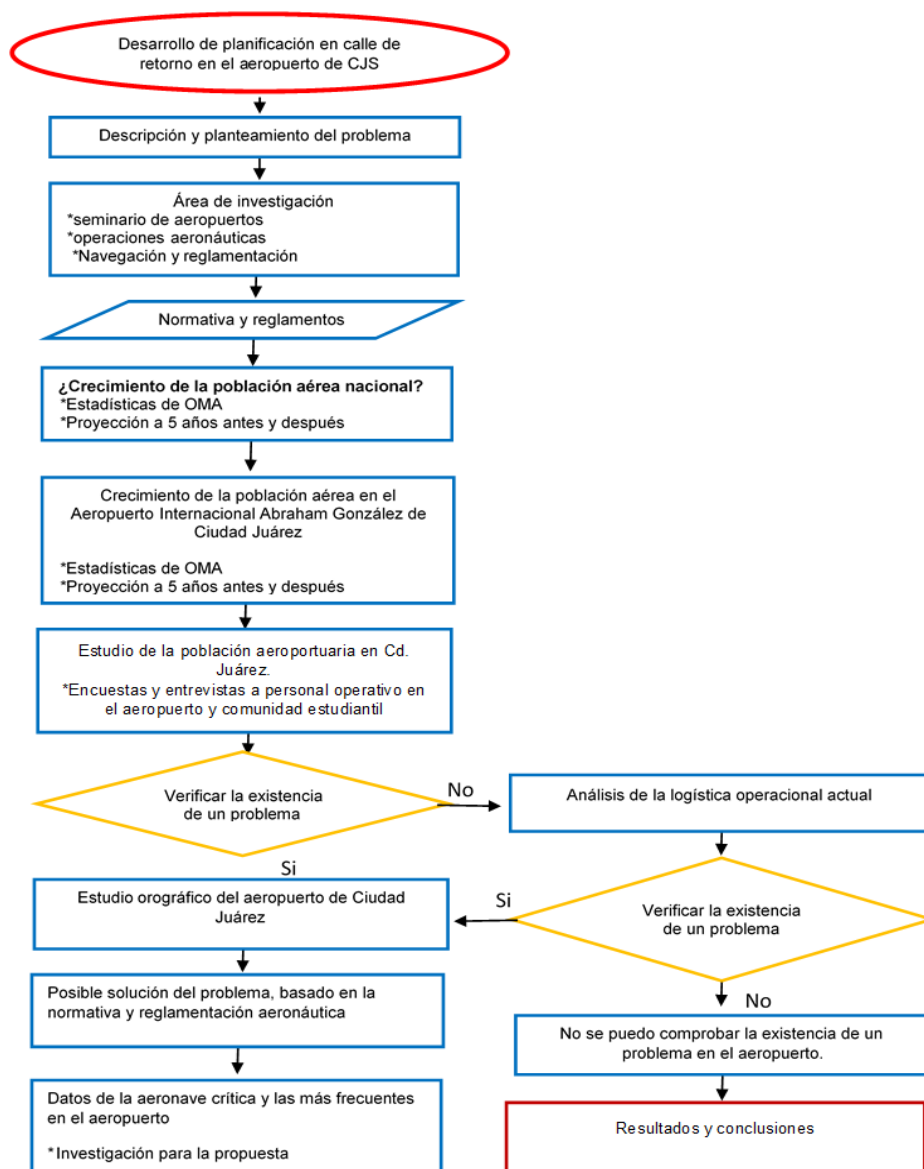


Figura 1. Diagrama metodológico de la justificación del problema.

Estudio y análisis de aeronaves operativas dentro un aeropuerto regional.

Para realizar el análisis logístico previo a la simulación es de gran importancia conocer las aeronaves que concurren el área operativa del mismo, considerando sus características y las necesidades que éstas presentan. A continuación en la tabla 1 se muestran las características generales de la aeronave crítica del aeropuerto en cuestión.

Tabla 1. Características generales de la aeronave crítica (B757-200)

Características de la aeronave/Boeing 757-200			
Tipo de motor	Jet Doble-Turbofan	Envergadura	41.07 m
Modelo del motor	Pratt&Whitney PW2037/Rolls- Royce RB211-535E4/4B	Longitud de despegue	2,459 m
Peso Máximo	95,250 Kg	Longitud de aterrizaje	2,190 m
Carga útil máxima	62,100 Kg	Altura crucero	10,668 m
Peso del combustible	32,755 Kg	Alcance máximo	3,393 millas náuticas
Volumen de combustible	43,490 litros	Velocidad crucero(máxima)	460.55 nudos
Volumen de equipaje	43.3 m ³	Numero de Mach	0.86
Empenaje	13.6 m	Capacidad de pasajeros	234 pasajeros

Análisis de horarios pico dentro del aeropuerto regional.

Fundamentado en la observación y estadística de los datos recopilados a través de fuentes fidedignas se identifican los horarios pico y las operaciones que se desarrollan en éstos, La tabla 2 muestra las operaciones representativas en horario diurno para el aeropuerto en cuestión.

Tabla 2. Horarios críticos de operaciones diurnas dentro del aeropuerto.

Días de la semana							
Horas locales	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado	domingo
8:00-9:00		Hora pico, 9 operaciones				Hora pico , 6 operaciones	Hora pico, 7 operaciones
9:00-10:00							
10:00-11:00							
11:00-12:00							
12:00-13:00							
13:00-14:00							
14:00-15:00			Hora pico, 14 operaciones		Hora pico, 12 operaciones		
15:00-16:00	Hora pico, 18 operaciones						
16:00-17:00							
17:00-18:00				Hora pico, 18 operaciones			
18:00-19:00							
19:00-20:00							

Representación logística

Para llevar a cabo la realización de esta representación logística del proceso que se desarrolla actualmente en un aeropuerto regional, se representa un diagrama con las diferentes fases desarrolladas en el proceso de aterrizaje, desde que la aeronave hace contacto con pista hasta que llega a plataforma, así también un diagrama del procedimiento de despegue, desde que sale de plataforma hasta que deja de hacer contacto con pista la aeronave, así como los tiempos involucrados. Mostrando dicho proceso en la figura 2 y 3 respectivamente.

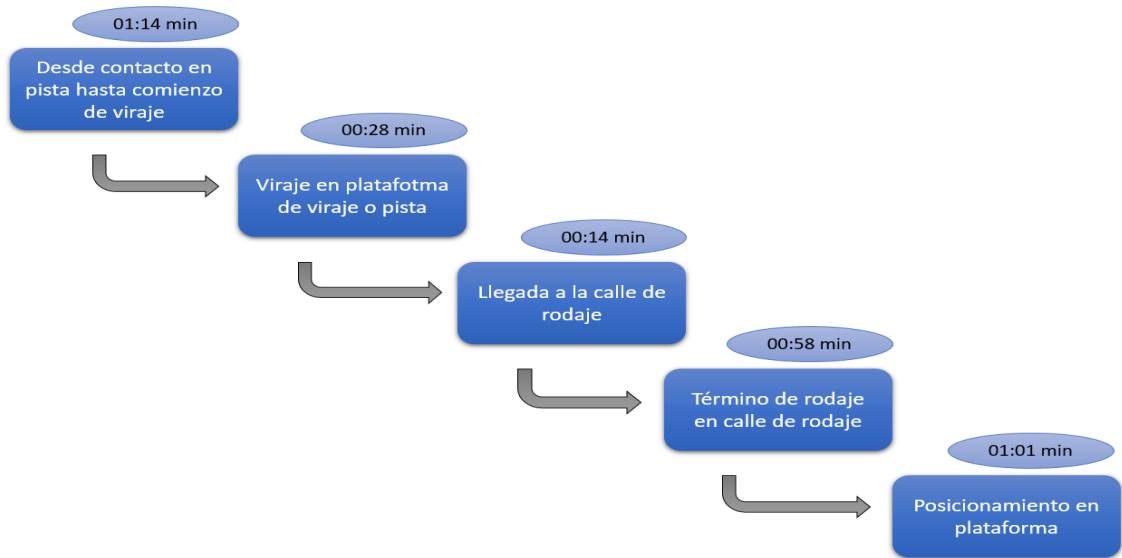


Figura 2. Esquema de fases en el procedimiento actual de aterrizaje.

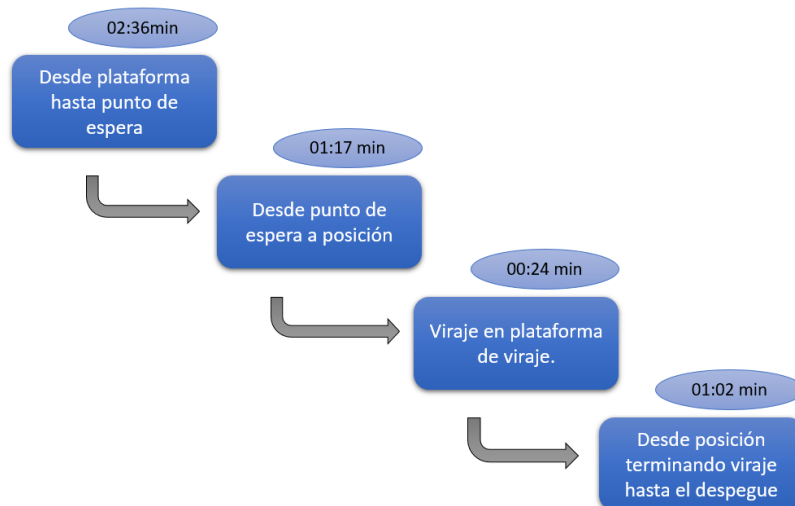


Figura 3. Esquema de fases en el procedimiento actual de despegue.

Análisis de tiempos y movimientos

El análisis de tiempos se fundamenta en la observación, toma de tiempos y análisis de movimientos de las aeronaves en el proceso de despegue y aterrizaje, los cuales fueron colectados desde torre de control en el aeropuerto propuesto para la investigación. La tabla 3 y 4 consolidan la información de los tiempos de los movimientos de las aeronaves en aproximación al aeródromo y el despegue respectivamente.

Tabla 3. Tiempo y movimientos por operación de aterrizajes.

Fases de aterrizaje (minutos)								
Tipo de aeronave	Desde contacto en pista hasta comienzo de viraje	Viraje	Llegada a calle de rodaje	Termino de calle de rodaje	Posicionamiento en plataforma	Tiempo total de la operación	Calle de rodaje asignada	Pista asignada
Embraer ERJ	0:50	0:08	0:26	0:48	1:32	3:41	Bravo	Pista 03
Cessna 182	1:02	0:13	0:10	0:52	1:21	3:38	Alfa	Pista 03
Airbus A 320	1:50	0:20	2:13	1:25	1:25	7:13	Bravo	Pista 03
Airbus A 321	1:15	0:50	2:20	1:39	1:53	7:57	Alfa	Pista 03
Embraer EMB	0:58	0:15	1:40	0:56	1:39	5:28	Bravo	Pista 03
Embraer ERJ	0:59	0:26	1:13	1:04	0:19	4:01	Bravo	Pista 03
Embraer EMB	1:11	4:25	1:15	0:56	0:30	4:18	Bravo	Pista 03
Embraer ERJ	1:15	0:18	1:35	0:44	0:49	4:41	Bravo	Pista 03
Embraer ERJ	0:55	0:13	0:54	0:56	0:37	3:35	Bravo	Pista 03
Embraer ERJ	1:05	0:22	0:48	0:41	1:02	3:58	Alfa	Pista 03
Boing 737-800	1:31	0:34	1:13	1:21	0:36	5:15	Bravo	Pista 03
Airbus A 320	1:48	0:32	1:39	0:43	0:50	5:32	Bravo	Pista 03
Airbus A 321	1:16	0:58	0:58	0:49	0:56	4:57	Bravo	Pista 03
Airbus A 322	1:22	1:01	0:59	0:43	0:49	4:54	Bravo	Pista 03
	Prom: 01:14	Prom: 00:28	Prom: 00:14	Prom: 00:58	Prom: 01:01	Prom: 04:56		

Se puede apreciar en la tabla anterior un promedio en cada uno de los tiempos involucrados así como el rodaje utilizado para conectar desde plataforma a la pista asignado por parte del controlador de tráfico aéreo. Se observa claramente en los aterrizajes representativos un ingreso por la pista 03.

Tabla 4. Tiempo y movimientos por operación de despegues.

Fases de despegue (minutos)						
Tipo de aeronave	Desde plataforma a punto de espera	Desde punto de espera a posición	Viraje	Desde posición terminando viraje hasta despegue	Tiempo total de la operación	Pista
Airbus A 320	2:42	1:23	0:29	0:28	5:02	Pista 21
Cessna 182	2:23	2:25	0:14	0:30	5:32	Pista 21
Airbus A 320	2:37	1:27	0:32	0:37	5:13	Pista 21
Airbus A 320	2:21	1:19	0:24	0:43	4:47	Pista 03
Embraer EJR 145	2:29	1:07	0:18	0:34	4:28	Pista 03
Embraer EJR 145	2:33	0:58	0:17	2:35	6:23	Pista 21
Embraer EJR 145	2:37	0:55	0:21	1:49	5:42	Pista 03
Boing 737-800	2:47	1:08	0:28	1:21	5:43	Pista 21
Airbus A 320	2:29	0:43	0:26	0:51	4:29	Pista 03
Airbus A 320	2:28	1:27	0:31	0:44	5:10	Pista 21
	Prom: 02:36	Prom: 01:17	Prom: 00:24	Prom: 01:02	Prom: 05:14	

De igual forma la tabla anterior muestra un promedio de los tiempos involucrados para el despegue así como la asignación de la pista por parte del controlador de tráfico, teniendo dominio la pista 21.

Implementación de la calle de retorno

Al realizar el análisis de tiempos reales a través de las operaciones del aeródromo, se implementan mejoras para la reducción de patrones de espera, fundamentadas por el marco normativo en nuestro país emitido por la autoridad aeronáutica la Dirección General de Aeronáutica Civil DGAC, principalmente sus manuales de diseño de aeródromo y ley aeroportuaria, con apoyo del software SIMIO para aeropuertos se desarrolla la representación logística seccional tridimensional que permite simular las operaciones estudiadas, como lo muestra la figura 4.

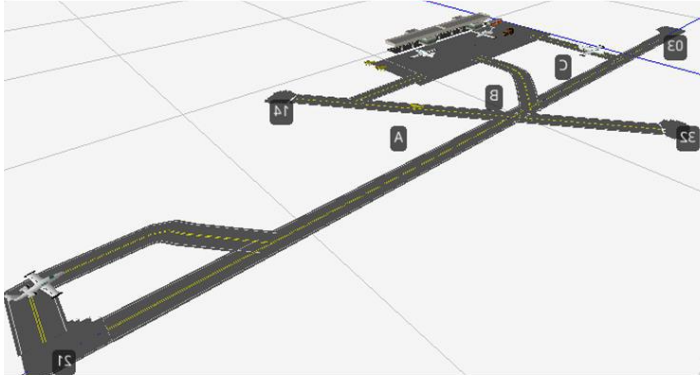


Figura 4. Representación de la infraestructura de las pistas, rodajes y plataformas con la calle de desviación paralela adherida.

Básicamente la configuración paralela adherida funge como un retorno para las aeronaves y a la vez como puesto de estacionamiento temporal dando lugar al descenso de aeronaves de forma expedita y segura tal como lo exige el mundo de la aviación. Las aeronaves que se encuentran en rodaje para desalaje de pista podrán esperar mientras otra aeronave realiza su despegue y/o aterrizaje y una vez desalojada la pista podrán regresar a esta a continuar con su trayectoria.

Podemos observar en la figura 5 una representación bidimensional únicamente de la calle de retorno y sus características en metros. Para la asignación de las dimensiones fue necesario un estudio orográfico previo y el cálculo del radio de ruedas de la aeronave crítica.

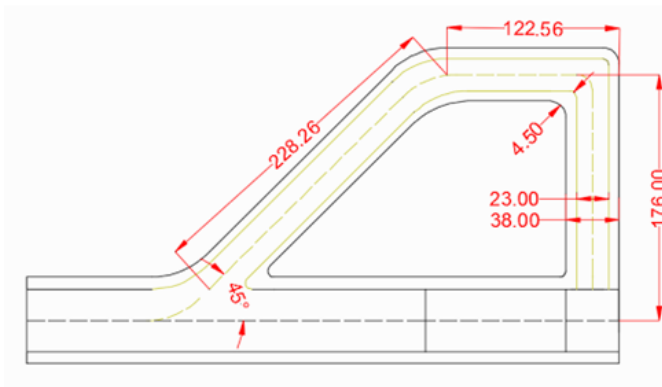


Figura 5. Configuración de la calle de desviación paralela

Resultados

La implementación del software SIMIO para aeropuertos permite representar las operaciones diarias del aeródromo y visualizar los tiempos de rodaje de las aeronaves una vez implementada la configuración paralela a la pista. Podemos observar en la tabla 5 los tiempos de operación de la aeronave para los aterrizajes y despegues respectivamente a través del rodaje sin configuración y una vez implementada la simulación del rodaje paralelo. Así mismo, podemos observar la representación de diferencias de los tiempos de rodaje de las aeronaves en ambas operaciones y el porcentaje de eficiencias que se logra optimizar para cada operación observando claramente una reducción de tiempos significativa que proporciona el decremento de patrones de espera.

Tabla 5. Tiempo total de las operaciones sin la configuración paralela.

Aterrizaje y Despegue				
Operación	Tiempo de ambas operaciones sin Config. Paralela (min)	Tiempo de ambas operaciones con Config. Paralela (min)	Diferencia de tiempo (min)	Porcentaje de eficiencia con la adición (%)
1 y 2	8.43	7.11	1.32	17.59%
3 y 4	9.1	7.1	2.0	21.81%
5 y 6	12.26	12.04	0.22	2.94%
7 y 8	12.44	11.43	1.01	7.98%
9 y 10	9.56	8.42	1.14	12.41%
11 y 12	10.24	6.44	4.20	41.66%
13 y 14	10	7.57	2.43	27%
15 y 16	10.24	8.32	2.32	24.35%
17 y 18	8.04	7.08	1.36	19.83%
19 y 20	10.25	9.46	1.19	12.64%

Ventajas a corto plazo y mediano plazo

Las ventajas al implementar una calle de desviación paralela, benefician a todo aquel que tenga que realizar alguna operación directa o indirecta en las instalaciones del aeropuerto regional en el cual se basa la investigación. Dentro de las ventajas a corto plazo podemos citar algunas como lo son:

- Menor tiempo de rodaje de las aeronaves.
- Mejor utilización de la pista principal y de las calles de rodaje.
- Mejor utilización de la aeronave.
- Mayor grado de seguridad de la supervisión de las operaciones de Control de Tráfico Aéreo.
- Múltiples alternativas para controlar el flujo de las operaciones de Control de Tráfico Aéreo.
- Mayor grado de seguridad para los usuarios.
- Optimizar las operaciones para las aerolíneas y los usuarios.

Mientras que para las ventajas a mediano plazo se pueden citar las siguientes:

- Ahorro económico para las aerolíneas del aeropuerto
- Inversiones en la remodelación de la infraestructura
- Impacto ambiental en la ciudad al disminuir las operaciones en el lado aire como alternativa de espera para aterrizaje.
- Incrementar la capacidad de operaciones que se pueden realizar con la configuración de una calle de desviación paralela.
- Mejorar el control del flujo de las operaciones

Discusión

Para futuros propósitos de infraestructura en el aeropuerto de nuestro país, se recomienda realizar un análisis para implementar una calle de rodaje doble completa que termine en el área de plataformas para incrementar su optimización. Ya que esta permite un desalojo total de la pista principal, sin retomarla como es en el caso de la propuesta de esta investigación.

El análisis realizado en el presente documento, presento una visualización en el lado aire, del tiempo de rodaje de las aeronaves que realizan al despegue y al aterrizaje, dicho proceso se ha desarrollado en otros aeropuertos regionales logrando optimizar el tiempo y espacio en cuanto a las operaciones aéreas.

Para la implementación de la calle de desviación paralela, se recomienda hacer una cotización, de los componentes que la conforman, de igual manera el personal laboral que conlleve a la construcción. Así mismo un estudio que permita visualizar el impacto que se generaría al iniciar con la ampliación, basada en cotizaciones alternas.

06 de mayo de 2019. Ciudad Juárez Chihuahua.

Bibliografía

1. Administration, D. o. (1998). *Miami International Airport, Master Plan Update for the Proposed*. Orlando, Florida.
2. Carson, D. J. (2016). *SIMIO*. Retrieved from <http://www.simio.com/applications/specialreportFTU.php>
3. DGAC. (2016, marzo 22). *Secretaría de Comunicaciones y Transportes*. Retrieved from http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGAC/00%20Aeronautica/Volumen_I_22Oct2013.pdf
4. FAA. (2016, Marzo 28). *Federal Aviation Administration*. Retrieved from http://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/pilot_handbook/media/pha_k%20-%20chapter%2004.pdf
5. Garcia, H., & Dunna, L. E. (2006). *Simulación y análisis de sistemas con ProModel*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
6. Gómez, E. P. (2014). *Sistema de Información Científica Redalyc*. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=39831596003>
7. Guasch, A., & Miguel Ángel Piera, J. C. (2003). *MODELADO Y SIMULACIÓN: aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios*.

8. Morris, J. (2016). *Capacity Modeling and Analysis Group Functions*. Retrieved from http://www.tc.faa.gov/acb300/acb_320.asp
9. OACI. (2004). *Anexo 14: Aeródromos, Volumen 1, Diseño y Operación de Aeródromos*.
10. OACI. (2005). *Manual de Diseño de Aeródromos, Parte 2, Calles de rodaje, plataformas y apartaderos de espera*.
11. OACI. (2016). <http://www.fomento.gob.es/>. Retrieved from http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/AVIACION_CIVIL/ORGANISMOS_INTERNACIONALES/desc_oaci.htm
12. Parra, J., & Rodríguez, A. (2005). *Modelo de Simulación*. Villavicencio: Corpoica.
13. Romero, M. R. (2003). *Aeropuertos, Historia de la Construcción Operación y Administración Aeroportuaria en México*.
14. SIMIO. (2016). Retrieved from <http://www.simio.com/about-simio/what-is-simio-simulation-software.php>
15. TOMASI, W. (2003). *Sistemas de Comunicación Electrónicos*. PEARSON EDUCACIÓN.
16. Transportes, S. d. (2016, junio 27). *Secretaría de Comunicaciones y Transportes*. Retrieved from <http://www.gob.mx/sct/acciones-y-programas/direccion-general-de-aeronautica-civil>