

RELACIÓN ENTRE LAS SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTÁCULOS Y EL COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN DE PISTAS EN AEROPUERTOS DEL SISTEMA NACIONAL DE AEROPUERTOS

Sergio Pitrelli, Alejandro Di Bernardi, Matías Chapela, Federico Pinto.

Grupo de Transporte Aéreo – UIDET GTA-GIAI. Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata. Calle 116 e/ 47 y 48, 1900 La Plata, Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: sergio.pitrelli@ing.unlp.edu.ar , gta@ing.unlp.edu.ar

Palabras claves: Aeropuerto, pistas, orientación, superficies, obstáculos, vientos.

Resumen

En la planificación y diseño de un aeropuerto, una de las infraestructuras de mayor importancia resulta ser la pista, y dentro de las cuestiones a contemplar para garantizar la operación segura, eficiente y regular de una aeronave es la dada por la orientación de la pista en función de los vientos reinantes y por obstáculos existentes en entorno inmediato.

En este contexto, el presente trabajo tiene por objeto comentar la relación existente entre los obstáculos de una pista y los vientos predominantes. Para ello, se realiza un análisis de los posibles obstáculos por medio de las superficies limitadoras de obstáculos (SLOs) y de los vientos reinantes por medio del coeficiente de utilización de pista, dado por la rosa de los vientos.

Básicamente se trata de dar a conocer la relación de operatividad de una pista y, por ende, de un aeropuerto o aeródromo, con aquellas cuestiones naturales que pueden afectar la seguridad operacional, para ello, se evalúan las pistas combinadas con el tipo de operación y se presentan indicadores de la relación entre orientación de pista por superficies limitadoras de obstáculos y vientos reinantes en el predio aeroportuario. Por otra parte, se genera discusión sobre la situación ideal desde el punto de vista de la planificación y la situación real respecto de los aspectos mencionados.

El análisis esta realizado para pistas de aeropuertos del sistema nacional de aeropuertos argentino (SNA) y sobre la base de la experiencia de los trabajos desarrollados en Planes Maestros Aeroportuarios en la UIDET GTA-GIAI y de la normativa de aplicación dada por la Organización de Aviación Civil Internacional.

INTRODUCCIÓN

Para la planificación y diseño de un aeropuerto, una de las infraestructuras a tener en cuenta de mayor relevancia es la representada por la pista, si bien la misma es un elemento físico único, tiene dos funciones esencialmente muy diferentes, son las de servir para los aterrizajes y los despegues de aeronaves con diferentes performances, si a lo anteriormente dicho, le agregamos que puede ser utilizada en dos sentidos, tenemos una única pista física que representa 4 pistas operativas.

Una pista por ser un elemento donde a largo de su eje y de sus extensiones se realizan las operaciones de aeronaves, su emplazamiento y orientación son de suma importancia, es por ello que dentro de los puntos a estudiar al planificar y/o diseñar un aeropuerto el análisis de los obstáculos del entorno y el de vientos reinantes cobra especial relevancia.

El análisis de obstáculos se puede realizar por medio de las superficies limitados de obstáculos (SLOs), las mismas, son superficies imaginarias complejas en torno a la pista cuya función es limitar la proyección en altura de elementos que puedan poner en riesgo la seguridad de una aeronave, las misma están definidas por normativa según el tipo y características de la

operación que se realizan y, según el caso, pueden llegar hasta 15 km más allá de los umbrales.

El análisis de vientos reinantes de una pista se realiza mediante un estudio donde, básicamente, se reflejan las características de los vientos del emplazamiento (intensidad, frecuencia y dirección) mediante un diagrama llamado “rosa de los vientos” y del cual se obtiene el porcentaje del tiempo que una pista no está limitada por componentes transversales de viento, el mismo está representado por el coeficiente de utilización de pista.

En un trabajo anterior al presente [1] se ha realizado un análisis teórico de SLOs de los aeropuertos del Sistema Nacional de Aeropuertos (SNA), en el mismo se han observado aeropuertos cuyas superficies están vulneradas por terreno natural, en función de ello, se ha realizado una prelación de aeropuertos a tener en cuenta para realizar estudios especiales con el fin de mitigar o minimiza el riesgo para la seguridad operacional.

Teniendo en cuenta el trabajo anterior, en el presente se ha incorporado un análisis de vientos reinantes de los aeropuertos del SNA y se han obtenido nuevos indicadores de prelación de aeropuertos, logrando así combinar en un resultado más amplio ambas temáticas.

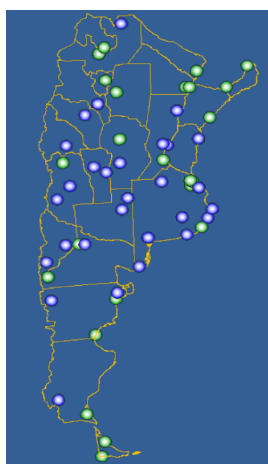


Fig. 1 Aeropuertos de análisis

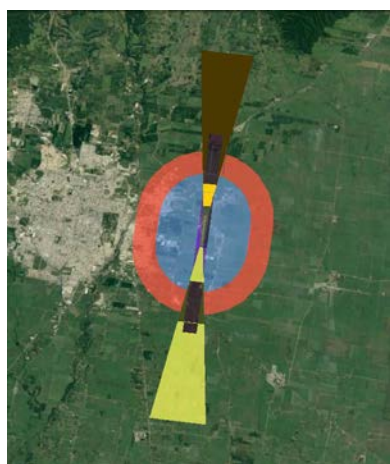


Fig. 2 Superficies limitadoras tipo

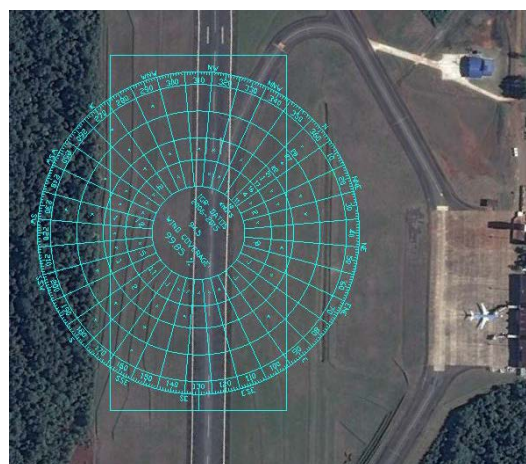


Fig. 3 Rosa de vientos tipo

Metodología

Para el desarrollo del trabajo se han adoptado las siguientes hipótesis de desarrollo:

- Los aeropuertos considerados son los del SNA que presentan vulneración de obstáculos según el trabajo precedente [1].
- Las vulneraciones consideradas de SLOs son las generadas solo por el terreno natural.
- Las prelación obtenidas en el trabajo precedente [1] son validas
- Para los aeropuertos que no cuentan con datos de vientos se han adoptado los datos de la estación más cercana al mismo.

Las fuentes de información utilizadas han sido

- Aeronautical Information Publication (AIP) de Argentina
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN)
- <https://airports-gis.faa.gov/airportgis/publicToolbox/windroseForm.jsp>

El desarrollo de la metodología, básicamente, está fundamentado en tres partes, en primera instancia se consideran los análisis de SLOs, en segundo término, los análisis de vientos y por

último se combinan estos análisis precedentes de forma de obtener nuevas prelacones, lo antedicho se ve reflejado en el siguiente diagrama

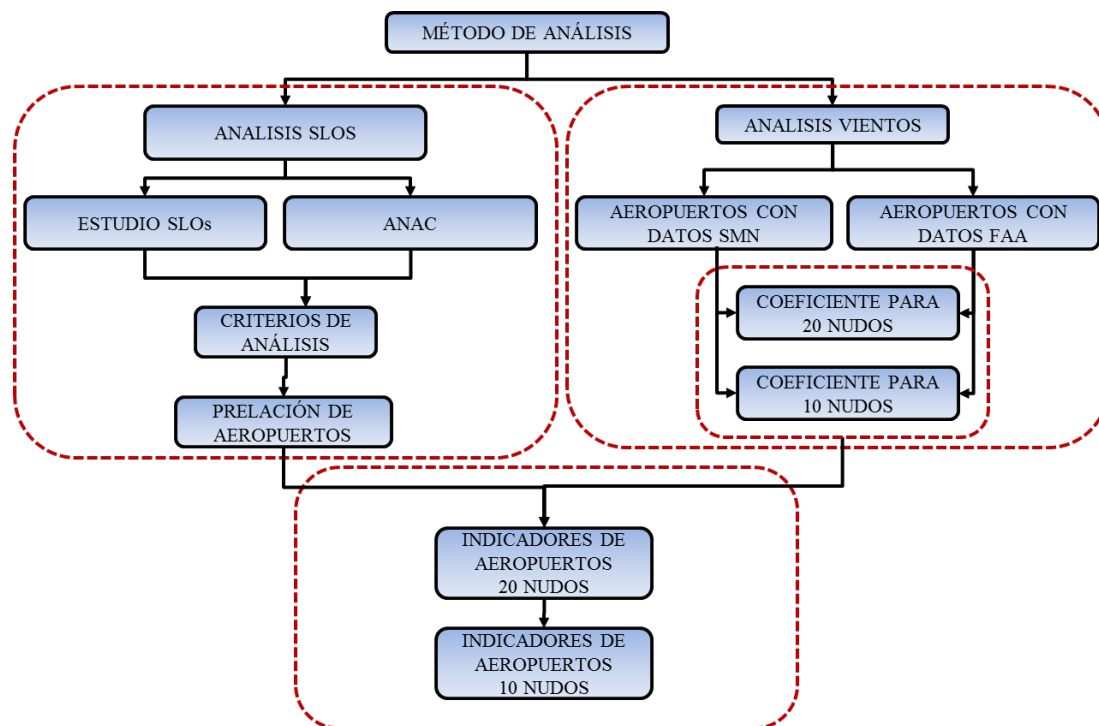


Fig. 4. Proceso de análisis.

Desarrollo

Primera parte: Del trabajo realizado precedentemente [1] se han observado aeropuertos del SNA que presentan vulneración de obstáculos.

Según las variables que se presentan a continuación se han realizado dos ponderaciones para obtener una prelacon de aeropuertos por SLOs.

Grupo	Característica	Valores según criterios	Índice de Relevancia
G ₁ Operación	Tipo de aeropuerto (Ta)	Internacional = 1,0	$R1 = (Ta + To)xf1$ (1) f1: factor de escala (1500)
		Cabotaje = 0,5	
	Tipo de operación (To)	Aprox. instrumental de precisión= 1,0	
		Aprox. instrumental no precisión = 0,5	
		Aprox. visual= 0,0	
G ₂ Vulneración SLOs	Sup. aproximación (Sa)	2,0	$R2 = (Sa + Sd + Sh + Sc + St + Pa)xf2$ (2) f2: factor de escala (1500)
	Sup. despegue (Sd)	2,0	
	Sup. horizontal interna (Sh)	1,0	
	Sup. cónica (Sc)	1,0	
	Sup. transición (St)	1,5	
	Población afectada (Pa)	P. urbana = 1,0	
P. rural = 0,5			
G ₃ Tráfico	Mov. de aeronaves (Ma)	Valor según estadística ORSNA 2015	Ma

Tabla 1: Variables de análisis.

La primera ponderación $P_1 = (R_1 \times R_2) / 1500$ conjuga las vulneraciones de SLOs propiamente dichas con la operación de la pista (G_1 y G_2).

La segunda ponderación $P_2 = P_1 \times M_a \times 0.20$ combina los dos aspectos anteriores más el tráfico (G_1 , G_2 y G_3).

De lo anterior se han obtenido las siguientes prelacones.

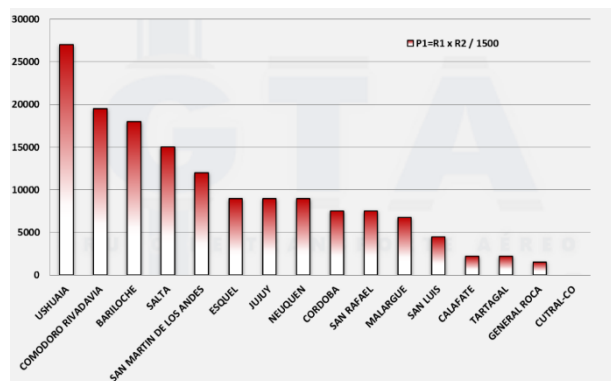


Fig. 5 Prelación P1 (según G1 y G2)

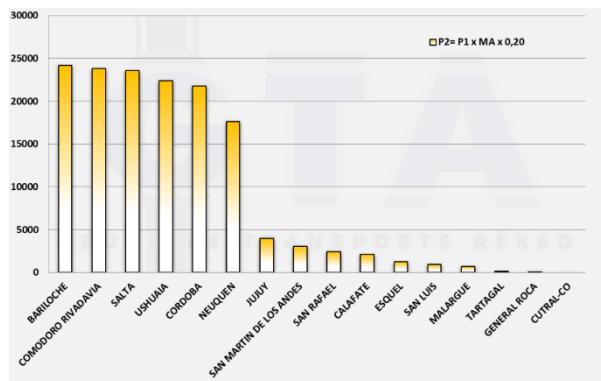


Fig. 6 Prelación P2 (según G1, G2 y G3)

Segunda Parte: Se han realizado los análisis de vientos predominantes de los 53 aeropuertos, prestando especial atención a cada uno de los aeropuertos que presentan vulneración de obstáculos (16 aeropuertos).

Se ha calculado el coeficiente de utilización de pista por medio de la rosa de los vientos y teniendo en cuenta componentes de vientos cruzados en pista de 20 nudos (37km/h) y 10 nudos (19 km/h). Esto considera aeronaves cuya longitud de campo de referencia (LCR) es superior a 1500 m y aeronaves cuya LCR es inferior a 1200m respectivamente.

La LCR de aeronaves mayores a 1500 m considera aeronaves de gran porte y la LCR menores de 1200 m contempla aeronaves de pequeño porte.

Vale mencionar que, la normativa recomienda no tener datos menores a 8 registros diarios y durante al menos un periodo de 5 años (14.400 registros), en este caso los datos de vientos varían entre los 30.000 a los 90.000 registros según el aeropuerto.

De lo anterior se han obtenido los siguientes coeficientes.

AEROPUERTO	Coefficiente utilización de pista (para 20 nudos - 37 Km/h)	Coefficiente de utilización de pista (para 10 nudos - 19 km/h)
COMODORO RIVADAVIA	98,18%	81,36%
BARILOCHE	99,95%	93,39%
USHUAIA	99,18%	86,77%
SALTA	99,95%	99,40%
CORDOBA	99,99%	99,09%
NEUQUEN	99,91%	96,62%
SAN MARTIN DE LOS ANDES	92,72%	56,38%
JUJUY	99,97%	97,19%
SAN RAFAEL	99,91%	96,51%
CALAFATE	98,60%	83,38%
ESQUEL	98,86%	82,04%

AEROPUERTO	Coefficiente utilización de pista (para 20 nudos - 37 Km/h)	Coefficiente de utilización de pista (para 10 nudos - 19 km/h)
SAN LUIS	97,61%	80,97%
MALARGÜE	99,64%	92,27%
TARTAGAL	99,99%	99,22%
GENERAL ROCA	99,91%	96,62%
CUTRAL-CO	99,91%	98,94%

Tabla 2: Coeficientes de utilización de pista.

Tercera parte: En esta fase, se ha conceptualizado un nuevo indicador que marca la influencia que podría tener el viento sobre las prelaciónes P_1 y P_2 , para ello ha definido al indicador como el cociente de la Prelación por el coeficiente de utilización de pista por un factor de escala para que los resultados sean comparables, con ello surgen las siguientes valoraciones:

Indicador	Concepto	Variables
$I_{1-20} = \frac{P_1}{C_{20}} \times F_e$	Indica como varia la P_1 según el coeficiente de utilización de pista con componente de viento cruzado de 20 nudos	P_1 : Ponderación según vulneración y tipo de operación
$I_{1-10} = \frac{P_1}{C_{10}} \times F_e$	Indica como varia la P_1 según el coeficiente de utilización de pista con componente de viento cruzado de 10 nudos	C_{20} : Coeficiente de utilización de pista para 20 nudos de viento cruzado F_e : Factor de escala (1,1)
$I_{2-20} = \frac{P_2}{C_{20}} \times F_e$	Indica como varia la P_2 según el coeficiente de utilización de pista con componente de viento cruzado de 20 nudos	C_{10} : Coeficiente de utilización de pista para 10 nudos de viento cruzado
$I_{2-10} = \frac{P_2}{C_{10}} \times F_e$	Indica como varia la P_2 según el coeficiente de utilización de pista con componente de viento cruzado de 10 nudos	P_2 : Ponderación según vulneración, tipo de operación y trafico

Tabla 3: Indicadores de análisis.

RESULTADOS

En función de lo anterior, los resultados que se han obtenido son los siguientes:

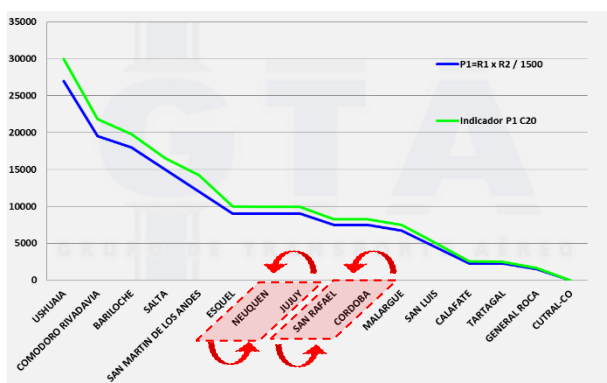


Fig. 7 Indicador I_{1-20}

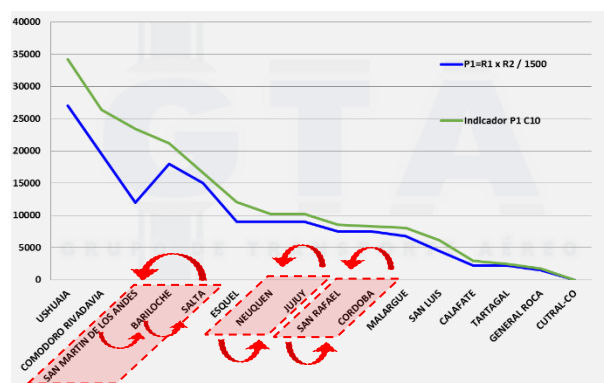


Fig. 8 Indicador I_{1-10}

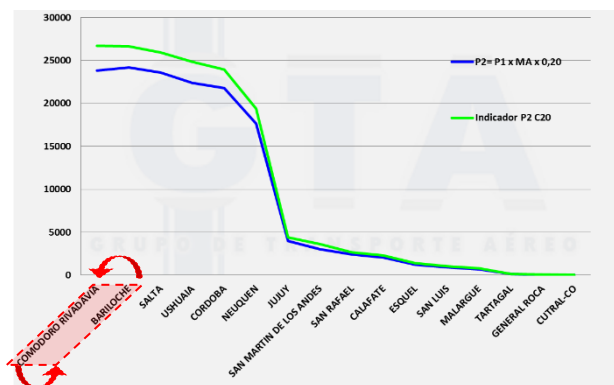


Fig. 9 Indicador I_{2-20}

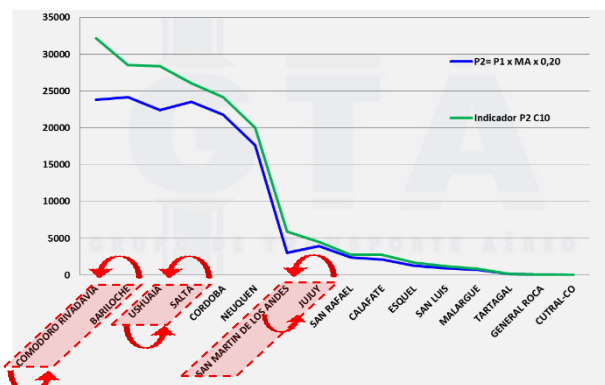


Fig. 10 Indicador I_{2-10}

DISCUSIÓN

Desde el punto de vista de la seguridad operacional, sería deseable que las superficies limitadoras estuviesen libres de obstáculos, no obstante, del análisis teórico de SLOs sobre 53 aeropuertos, se han observado que en 15 de ellos (28%) se presentan vulneraciones, es por esto que, resulta de interés analizar otros factores que combinados con estas situaciones puedan degradar estas condiciones. En este caso se ha analizado, como, podría influir en estas situaciones el viento.

La normativa de aplicación para planificación y diseño recomienda que, el coeficiente de utilización de pista no sea inferior al 95% para las aeronaves que está destinada a servir, es decir que la operatividad de una pista no se vea afectada o limitada por componentes de vientos cruzados más del 5% del tiempo que esté prevista su operación.

Los coeficientes de la tabla 2, muestran que esto no se cumple para, un caso con componentes de vientos cruzados de 20 nudos (San Martín de los Andes) y para 8 casos con componentes de vientos cruzados de 10 nudos (Comodoro Rivadavia, Bariloche, Ushuaia, San Martín de los Andes, Calafate, Esquel, San Luis y Malargüe) ello tiene como consecuencia que en estos aeropuertos las aeronaves de mayor porte se vean menos afectadas que las aeronaves de menor porte por componentes de viento cruzado en una relación de 1 a 8.

La prelación P_1 , cuando se la combina con viento cruzado de 20 nudos presenta dos alteraciones en su ordenamiento, que son dos intercambios, Neuquén se alterna con Jujuy y por otra parte Córdoba se alterna con San Rafael, esto se ve relegado en el indicador I_{1-20}

Así mismo, la ponderación P_1 cuando se la combina con viento cruzado de 10 nudos presenta tres alteraciones en su ordenamiento que son, en primer y segundo término las mismas que para viento cruzado de 20 nudos y, en tercer término, San Martín de los Andes pasa de la quinta a la tercera posición desplazando a Bariloche y Salta, esto se observa en el indicador I_{1-10}

De la misma forma, la prelación P_2 cuando se combina con viento cruzado de 20 nudos presenta una sola alteración, que es una alternancia entre Comodoro Rivadavia y Bariloche, como lo refleja el indicador I_{2-20}

Por último, la prelación P_2 cuando es combinada con viento cruzado de 10 nudos presenta tres alternancias que son, la primera igual a la que presenta para 20 nudos, la segunda alterna Ushuaia con Salta y la tercera alterna San Martín de los Andes con Jujuy, como se observa en el indicador I_{2-10}

CONCLUSIÓN

Del análisis anterior surge que en las prelações de los aeropuertos donde hay vulneración de obstáculos por el terreno natural el viento presenta una incidencia relativamente baja sobre las

mismas ya que si bien genera alteraciones locales estas no son significativas en el orden general.

Gran parte de la explicación de lo anterior es debido a que los coeficientes de orientación de pista son en general valores buenos, o, dicho de otro modo, la orientación de pista respecto de los vientos predominantes en general es buena.

Para el análisis donde se tiene en cuenta la vulneración de obstáculo combinado con el tipo de operación (P_1), lo dicho anteriormente se observa comparando el orden de los aeropuertos de la figura 5 con las figuras 7 y 8.

Para el análisis donde se tiene en cuenta la vulneración de obstáculos combinada con el tipo de operación y con el tráfico (P_2), lo anteriormente dicho se observa comparando el orden de los aeropuertos de la fig. 6 con las figuras 9 y 10.

Por otra parte, destacar la importancia del tema en relación a la seguridad operacional y a poder cuantificar los diferentes factores a tener en cuenta tanto aisladamente como de forma combinada para obtener un resultado conjunto.

REFERENCIAS

[1] 4º Congreso Argentino de Ingeniería Aeronáutica, Situación de las Superficies limitadoras de Obstáculos en Aeropuertos del SNA, Pitrelli S, Faut R., Di Bernardi A

Bibliografía

Anexo 14 - Volumen I: Diseño y operaciones de aeródromos - Organización de Aviación Civil Internacional, Sexta Edición, julio 2013.

Regulaciones Argentinas de Aviación Civil. Parte 154. Diseño de Aeródromos.

Trabajos realizados en la UIDET "GTA-GIAI", Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería de la UNLP