

# AEROPUERTOS ARONAVEGACIÓN E IMPACTO AMBIENTAL

## EJERCICIOS PRÁCTICOS 2026

### Profesores

**Titular:** Ing. Aero. Carlos Varrenti.

**JTP:** Ing. Aero. Alejandro M. Miguel.

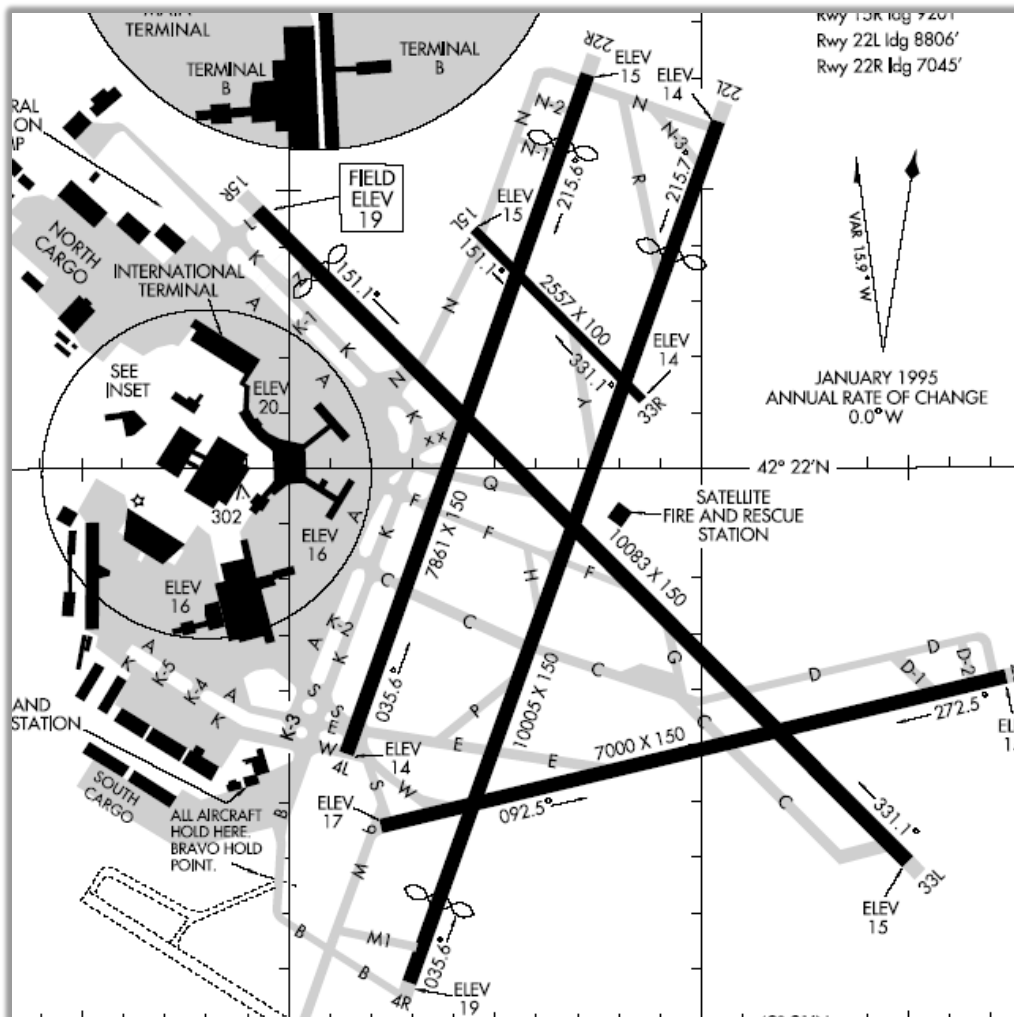
**Auxiliar:** Ing. Aer. Alexis Maximiliano Caratozzolo

**REGISTRO DE REVISIONES**

N° de Revisión	Fecha	Comentarios
1	29/4/26	Nuevos ejercicios 14),15),16), 17), y 18)

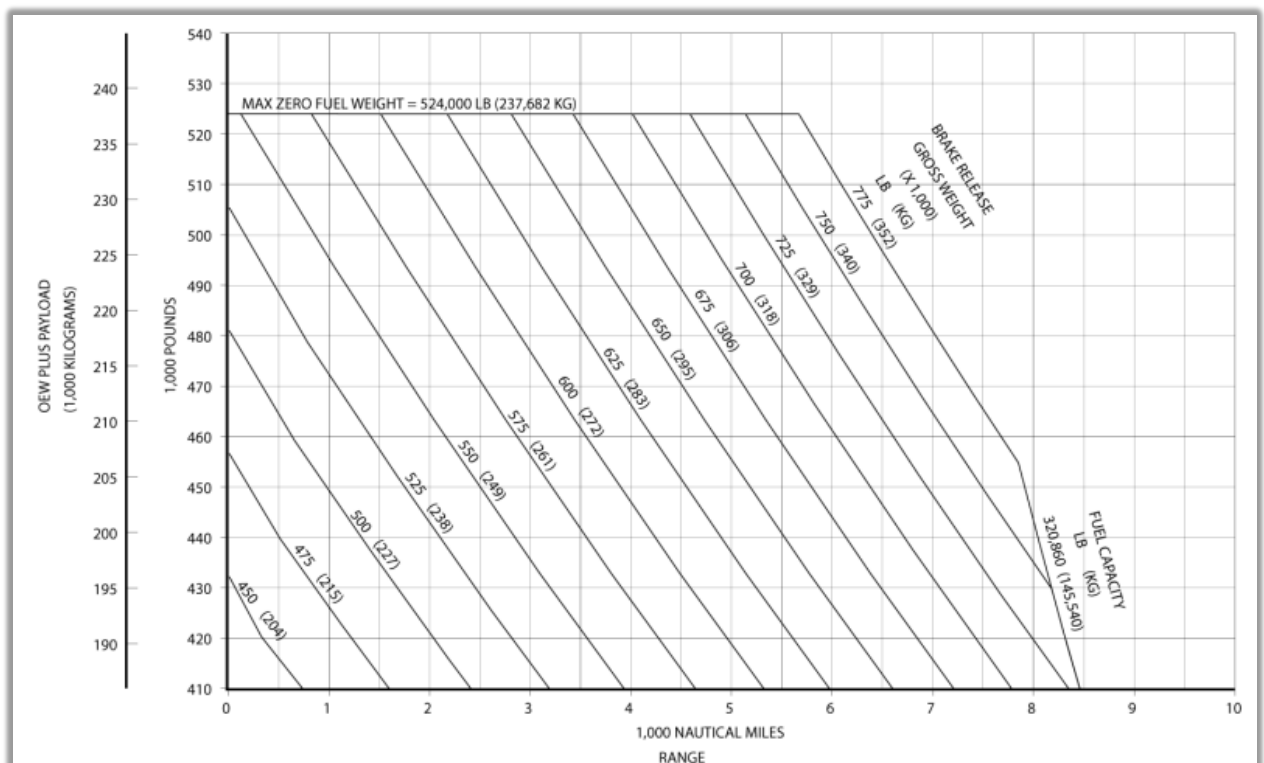
**Ejercicios 1er cuatrimestre**

- 1) Determinar el número de pistas y cabeceras del Aeropuerto Internacional de Boston, EE.UU.

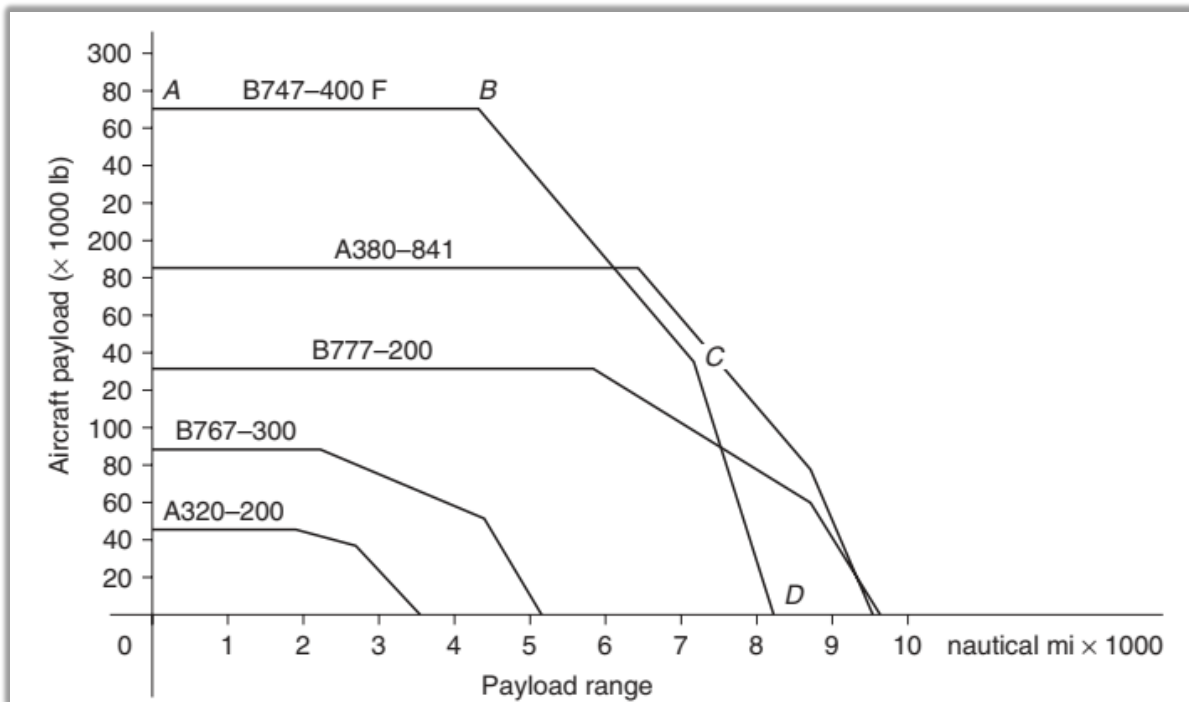


- 2) Obtener la clave de referencia de un aeropuerto diseñado para un avión con las siguientes características:
  - Longitud de campo de referencia: 1504m.
  - Envergadura: 19.3 m.
  - Ancho entre los bordes exteriores de las ruedas del tren principal: 4.6 m.
- 3) Obtener la clave de referencia de un aeropuerto diseñado para un avión con las siguientes características:
  - Longitud de campo de referencia: 1106m.
  - Envergadura: 22.8 m.
  - Ancho entre los bordes exteriores de las ruedas del tren principal: 4.4 m.
- 4) Determinar la categoría de aproximación de las siguientes aeronaves:
  - Aeronave 1: 119 Knots.
  - Aeronave 2: 142 Knots.

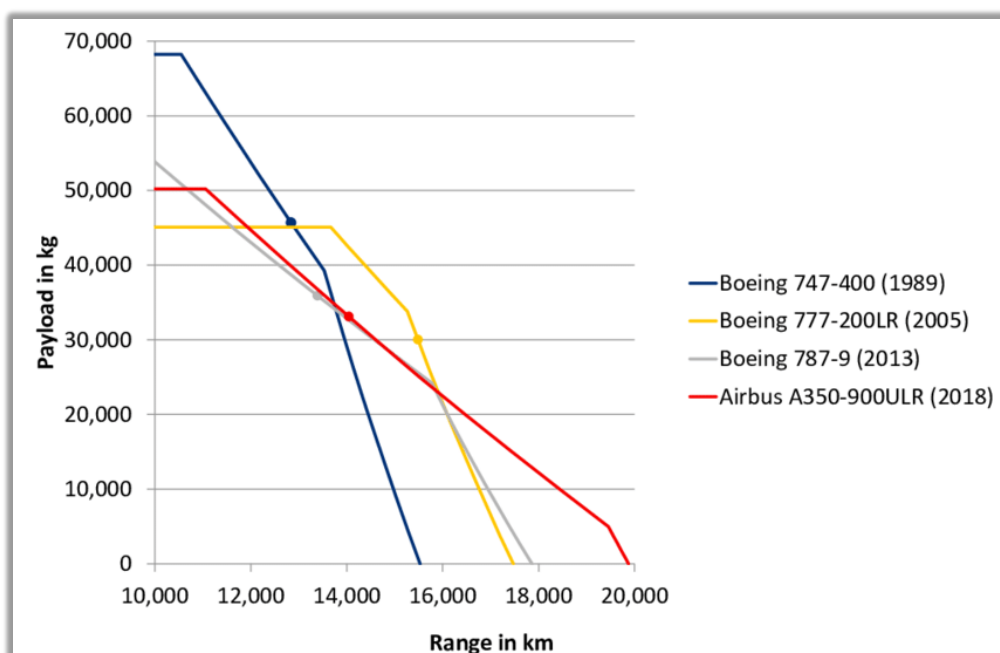
- 5) Calcular el valor absoluto (sin signo) de la componente de viento cruzado sin decimales (redondeando al entero más cercano) con los siguientes datos:
  - Intensidad del viento 10 Knots.
  - Ángulo de la dirección del viento con la pista de aterrizaje 126°.
  
- 6) Con los siguientes pesos declarados por el operador estimar el ZFW, PL, TOGW:
  - OEW = 30000 Kg.
  - Pasajeros = 6200 Kg.
  - Equipaje = 1500 Kg.
  - FW = 4500 Kg.
  
- 7) Determinar los pesos característicos (TOW, ZFW, OEW, FW, PL, LW) para la operación actual de un E190, los cuales posee los siguientes datos:
  - TOW = 43.800 Kg.
  - 96 PAX considerando 100Kg c/u (Incluye peso del pasajero + equipaje).
  - Carga en bodega = 950 Kg de manzanas.
  - Trip. Fuel = 3500 Kg.
  - Reserve fuel = 10% Trip Fuel.
  - Alt. Fuel = 1500 Kg.
  - LW = Se consume el Trip fuel + 10% del Alt. Fuel.
  
- 8) Determine el FW y máximo alcance de un B777-300ER, el cual posee un TOW de 295.000 Kg y un OEW+PL = 485.000 Lib.



- 9) El Gerente de operaciones de una línea aérea les entrega los siguientes diagramas y les solicita encontrar la aeronave más eficiente para cubrir los siguientes requerimientos operativos:
- Carga paga 170.000 Lib.
  - Alcance 5500 Nm.



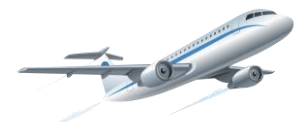
- 10) Se les solicita encontrar la aeronave más eficiente para cubrir los siguientes requerimientos operativos:
- Carga paga 40.000 Kg.
  - Alcance 12.000 Nm.



Valores de Mercado de las aeronaves en función a su año:

- B747 \$ 8,60 M
- B777 \$ 20,10 M
- B787 \$ 60,00 M
- A350 \$ 100,00 M

- 11) Si el altímetro del comandante marca en la ventanilla 10.000, que lectura del mismo se obtiene si:
  - a) Se encuentra el QNE seteado.
  - b) Se encuentra el QNH seteado.
  - c) Se encuentra el QFE seteado.
- 12) Determinar el mínimo porcentaje de factor de utilización que deberá tener un sistema de pista, según OACI.
- 13) Determinar el largo mínimo de pista según OACI, para poder aterrizar con un viento cruzado máximo de 13 Knots.
- 14) Un viento sopla desde los 310° (Norte verdadero). Determina su dirección magnética si la declinación magnética en la zona es de 8° Oeste.
- 15) Un viento sopla desde los 060° (Norte magnético). Determinar su dirección verdadera si la declinación magnética es de 6° Este.
- 16) Un viento sopla desde los 120° (Norte verdadero). La declinación magnética en 2020 es de 9° Este, y la variación anual es de 1° hacia el Este. Determina su dirección magnética en 2026.
- 17) En el año 2020 una pista tenía una marcación magnética de 220° (RWY 22). En ese momento, la declinación magnética era de 5° Oeste, y la variación anual es de 0,5° hacia el Oeste.  
Calcular y determinar si se debe cambiar la numeración de la pista en 2026.
- 18) El viento en una determinada ubicación sopla desde los 165° (Norte verdadero).  
Considerando que la declinación magnética en 2020 era de 7° Oeste y que, entre 2020 y 2026, presenta una variación anual de 1° hacia el Este, determinar la dirección magnética del viento en 2026.



19) Con la tabla de viento expuesta a continuación, exponer la dirección del par predominante a fin de obtener la mejor orientación. En este caso no se tiene en cuenta la componente de viento cruzado, por lo que sólo se debe limitar a encontrar la dirección predominante (contemplando ambos sentidos).

Sector	True Azimuth	Wind Speed Range, mi/h				Total
		4-15	15-20	20-25	25-35	
		Percentage of Time				
N	0.0	2.4	0.4	0.1	0.0	2.9
NNE	22.5	3.0	1.2	1.0	0.5	5.7
NE	45.0	5.3	1.6	1.0	0.4	8.3
ENE	67.5	6.8	3.1	1.7	0.1	11.7
E	90.0	7.1	2.3	1.9	0.2	11.5
ESE	112.5	6.4	3.5	1.9	0.1	11.9
SE	135.0	5.8	1.9	1.1	0.0	8.8
SSE	157.5	3.8	1.0	0.1	0.0	4.9
S	180.0	1.8	0.4	0.1	0.0	2.3
SSW	202.5	1.7	0.8	0.4	0.3	3.2
SW	225.0	1.5	0.6	0.2	0.0	2.3
WSW	247.5	2.7	0.4	0.1	0.0	3.2
W	270.0	4.9	0.4	0.1	0.0	5.4
WNW	292.5	3.8	0.6	0.2	0.0	4.6
NW	315.0	1.7	0.6	0.2	0.0	2.5
NNW	337.5	1.7	0.9	0.1	0.0	2.7
Subtotal		60.4	19.7	10.2	1.6	91.9
Calms						8.1
Total						100.0

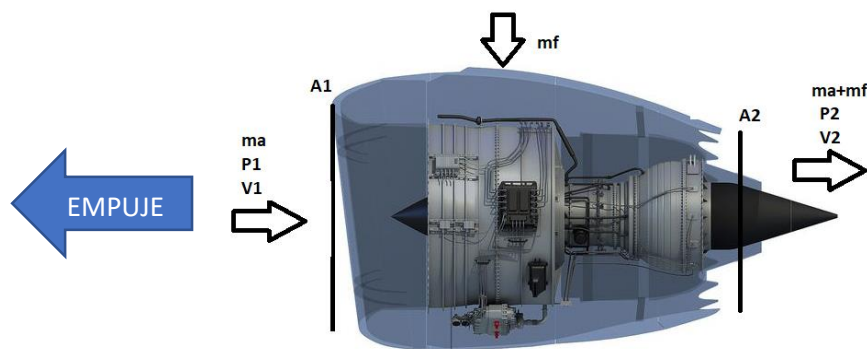
## Performance de motores

A fin de entender las distancias requeridas por una aeronave para su despegue/aterrizaje, es necesario centrarnos momentáneamente en su performance, donde el mayor requerimiento se halla en el segmento del despegue. El principal análisis de performance para este segmento, pero no limitante, se centra en estudiar el **empuje del motor**.

Analizando el motor en su mínima expresión, y recurriendo a la mecánica de los fluidos, el empuje del motor (por la ecuación de *MOMENTUM*) depende del flujo másico y sus velocidades asociadas, y la diferencia de presiones entre la entrada y la salida.

$$\text{Flujo másico} = \rho * A * V$$

Tomando como ejemplo un motor *LEAP-1B* de un *Boeing 737M*:



$$E = (ma + mf) * V2 - ma * V1 + P2 * A2 - P1 * A1$$

Considerando que:

- $mf = 0.08 \times ma$ , por lo que se reduce a  $mf=0$ .
- $P2=P1$  y  $A1=A2$ .

$$E = ma * (V2 - V1)$$

$$E = \rho * A * V1 * (V2 - V1)$$

Como bien sabemos, al estar volando inmersos en un fluido (aire), podemos observar que nuestro empuje dependerá de las condiciones del mismo, por lo que analizando esta ecuación y la ecuación de estado (considerando el aire un gas ideal), podemos observar que nuestro empuje depende de la altitud, su Temperatura, presión y densidad.

$$E = \rho * A * V1 * (V2 - V1)$$

$$\rho = \frac{P}{RT}$$

De aquí se desprende que, al incrementarse la altitud, cae el empuje. También, si a una altitud de presión constante aumenta la  $T^\circ$ , cae el empuje.

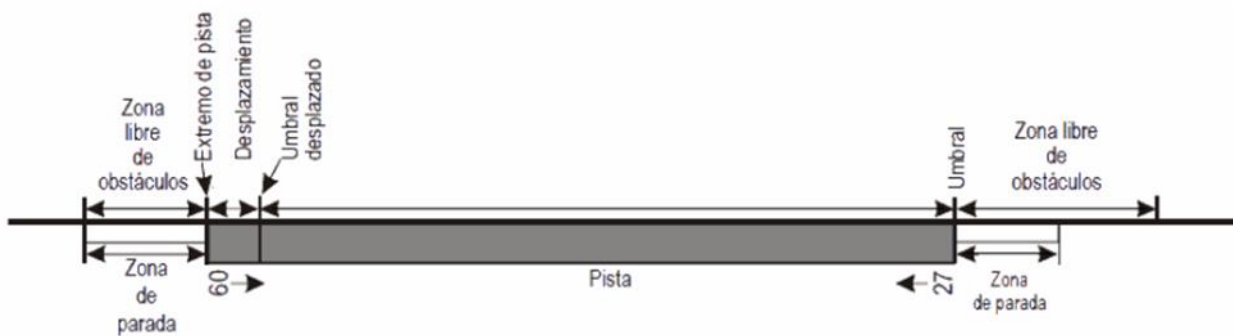
Una relación importante que se encuentra a partir de este análisis es que:

$$E_{\text{Altitud}} = E_{SL} * \sigma = E_{SL} * \frac{\rho}{\rho_0}$$

- 20) Determinar el empuje de un motor PW4098 del Boeing 777-300 de 436 kN a de empuje a S.L para una presión de altitud de 10.000.
- 21)
- Determinar la aceleración instantánea que experimentaría un B737MAX al despegar, estando parado en cabecera, con un empuje máximo de 130 kN por motor y un TOW de 82.000Kg, considerar una fuerza de fricción equivalente al 0.016 del TOW.
  - Para la aeronave del ítem a) determinar la distancia necesaria hasta alcanzar  $V_2 = 150$  Knots, si la aceleración promedio es igual a la mitad de la aceleración instantánea experimentada al estar parado en cabecera con potencia máxima.
- 22) Determinar el empuje de un motor LEAP-1B del B737MAX, al despegar del aeropuerto de La Paz, el cual se encuentra a una presión de altitud de 14.000 fts, si el empuje máximo SL es de 130 kN por motor. Determinar el % de reducción respecto al nivel del mar.
- 23) Determinar el empuje de un B737MAX, al despegar del aeropuerto de La Paz, el cual se encuentra a una presión de altitud de 14.000 fts y 10°C, si el empuje máximo SL es de 130 kN por motor. Determinar el % de reducción respecto al nivel del mar.  
**R = 287,05 J/kg·K.**
- 24) Determinar la pista necesaria para el aterrizaje y despegue, requeridos para la aeronave con la siguiente performance:
- Longitud recorrida en despegue desde parado hasta estar a una altura de 35 pies sobre el suelo con todos los motores: 1761 m.
  - Longitud recorrida en despegue desde parado hasta estar a una altura de 35 pies sobre el suelo con un motor averiado: 2020 m.
  - Longitud recorrida en aterrizaje desde que está a una altura de 50 pies hasta estar parado: 881 m.
- 25) Determinar la pista necesaria para el aterrizaje y despegue, requeridos para la aeronave con la siguiente performance en pista mojada:
- Longitud recorrida en despegue desde parado hasta estar a una altura de 35 pies sobre el suelo con todos los motores en pista seca: 1640 m.
  - Longitud recorrida en despegue desde parado hasta estar a una altura de 35 pies sobre el suelo con un motor averiado en pista seca: 1710 m.
  - Longitud recorrida en despegue desde parado hasta estar a una altura de 15 pies sobre el suelo con un motor averiado en pista mojada: 1850 m.
  - Longitud recorrida en aterrizaje desde que está a una altura de 50 pies hasta estar parado en pista seca: 880 m.
- 26) Calcular la distancia de despegue necesaria (en pies) en el aeropuerto indicado con el avión especificado (MTOW) utilizando para ello las gráficas incorporadas al manual de planificación de aeropuertos del avión:
- Avión: B737-800
  - Peso en libras: 153.000
  - Aeropuerto: Valencia, T°: 31°C, altitud: 240 fts.

Distancia de despegue en pies redondeada a múltiplos de 50 sin decimales según las gráficas.

27) Calcular en m TORA, TODA, LDA, ASDA para ambas cabeceras de una pista con los siguientes datos:



- Longitud de pista: 2639 m.
- Zona de parada derecha: 175 m.
- Zona libre de obstáculos derecha: 350 m.
- Desplazamiento de umbral izquierdo: 198 m.
- Zona libre de obstáculos izquierda: 131 m.
- Zona de parada izquierda: 131 m.

28) A continuación, se presentan las distancias declaradas del Aeropuerto EZE, determinar las áreas y longitudes que no pertenecen al Campo balanceado, incluyendo umbral desplazado.

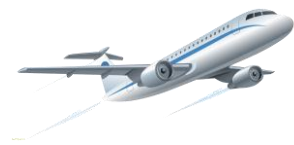
**AD 2.13 DISTANCIAS DECLARADAS**

RWY	TORA (M)	TODA (M)	ASDA (M)	LDA (M)
17	3.105	3.105	3.105	3.105
35	3.105	3.405	3.105	2.805
11	3.300	3.500	3.300	3.300
29	3.300	3.300	3.300	3.300

29) Con los siguientes datos el AD, realizar las correcciones necesarias para obtener la longitud de pista requerida:

- Longitud de campo de referencia: 2100m.
- Elevación 150m.
- T° de referencia: 24°C.
- T° en atmosfera estándar para 150m: 14.025°C.
- Pendiente de pista: 0.5%.

Tomar como referencia las correcciones propuestas por el DOC 9157 Parte 1.



- 30) Dimensionar la, pista, calle de rodaje, franja de pista y RESA para una aeronave McDonnell Douglas MD81 para una APP de Precisión, con una longitud de pista de 2290m (sin CLW ni STW).

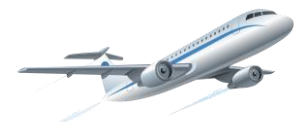
<i>Fabricante</i>	<i>Modelo</i>	<i>Clave</i>	<i>Longitud de campo de referencia del avión (m)</i>	<i>Envergadura (m)</i>	<i>Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal (m)</i>
McDonnell Douglas	MD81	4C	2 290	32,9	6,2

Determinar:

- Ancho de pista.
- Ancho de calle de rodaje.
- Longitud total de la franja.
- Anchura total de la franja.
- Longitud mínima RESA.
- Longitud recomendada RESA.
- Ancho mínimo RESA.

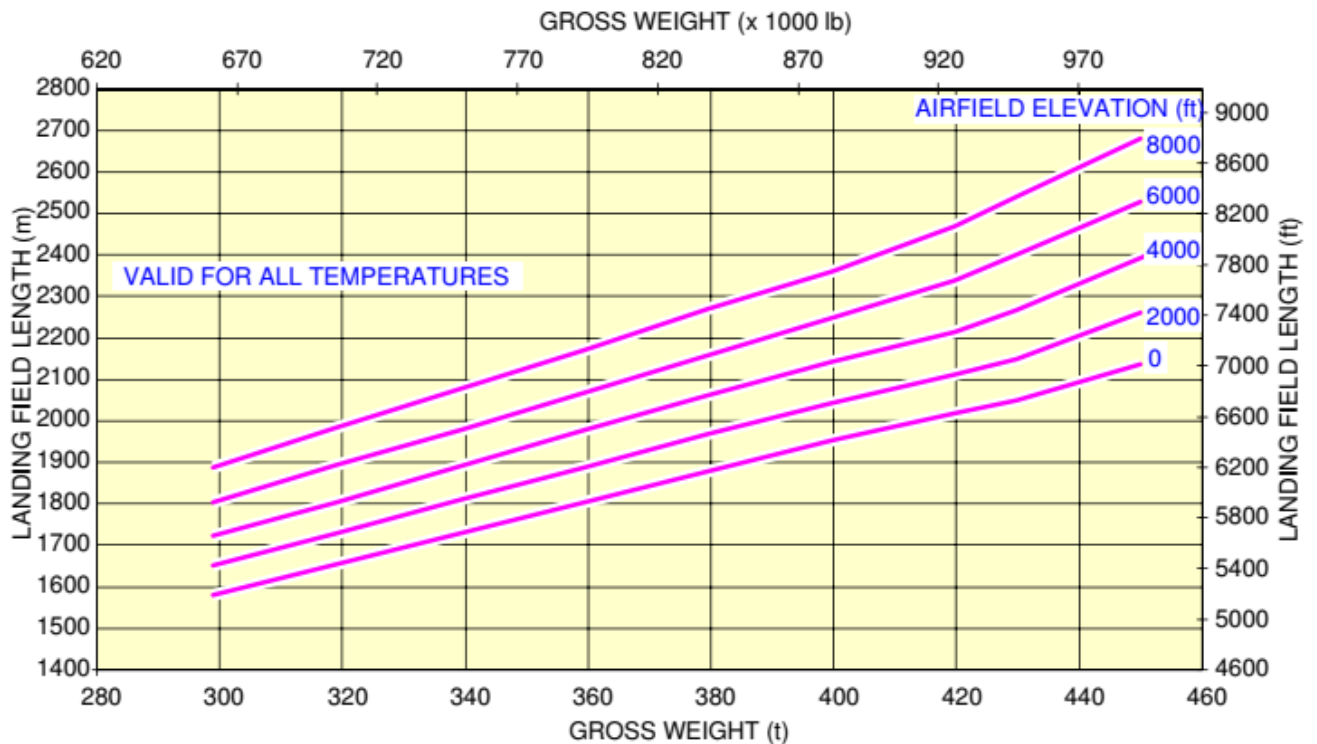
- 31) Determinar para la aeronave del ejercicio anterior y una pista de precisión:

- Distancia mínima de separación entre ejes de calles de rodaje y pista.
- Distancia mínima de separación entre 2 ejes de calles de rodaje paralelas.
- Distancia mínima de separación entre ejes de calles de 2 stand (área de parking).
- Distancia mínima de separación entre eje de calle de rodaje y cualquier objeto.



32) Determinar la locación de una calle de salida (en metros desde del umbral) para un Airbus A340, considerando una  $V_{app} = 138$  Kts y una  $V_{ext} = 25$  Kts.

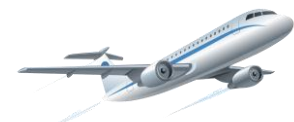
Para obtener la desaceleración, considerar para el cálculo una LFL para un peso de 360t y 2000fts de altitud con una  $V_{ext}=0$ .



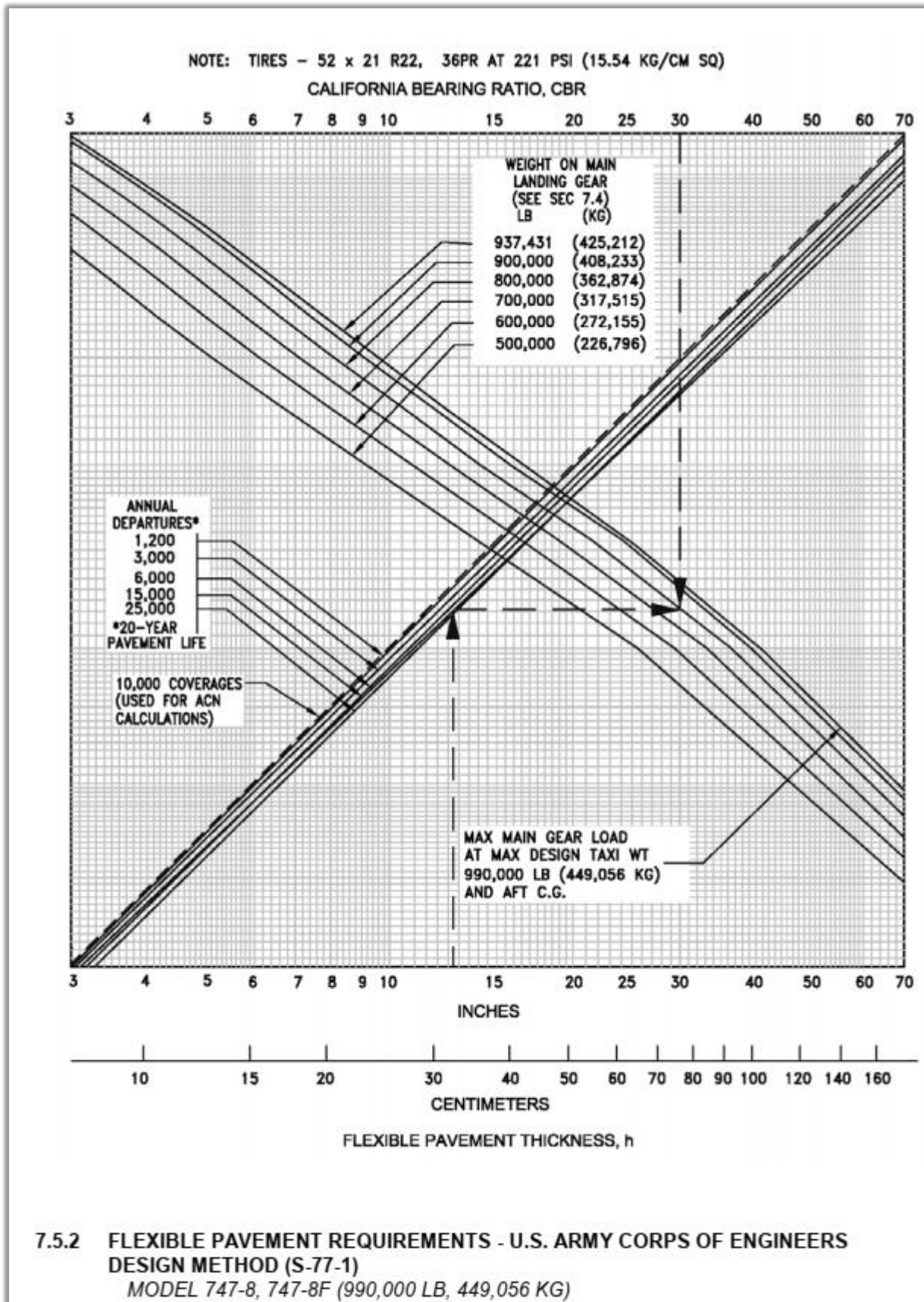
33) Para un aeropuerto con las siguientes características, completar según el anexo 14 lo solicitado (en metros):

Características:

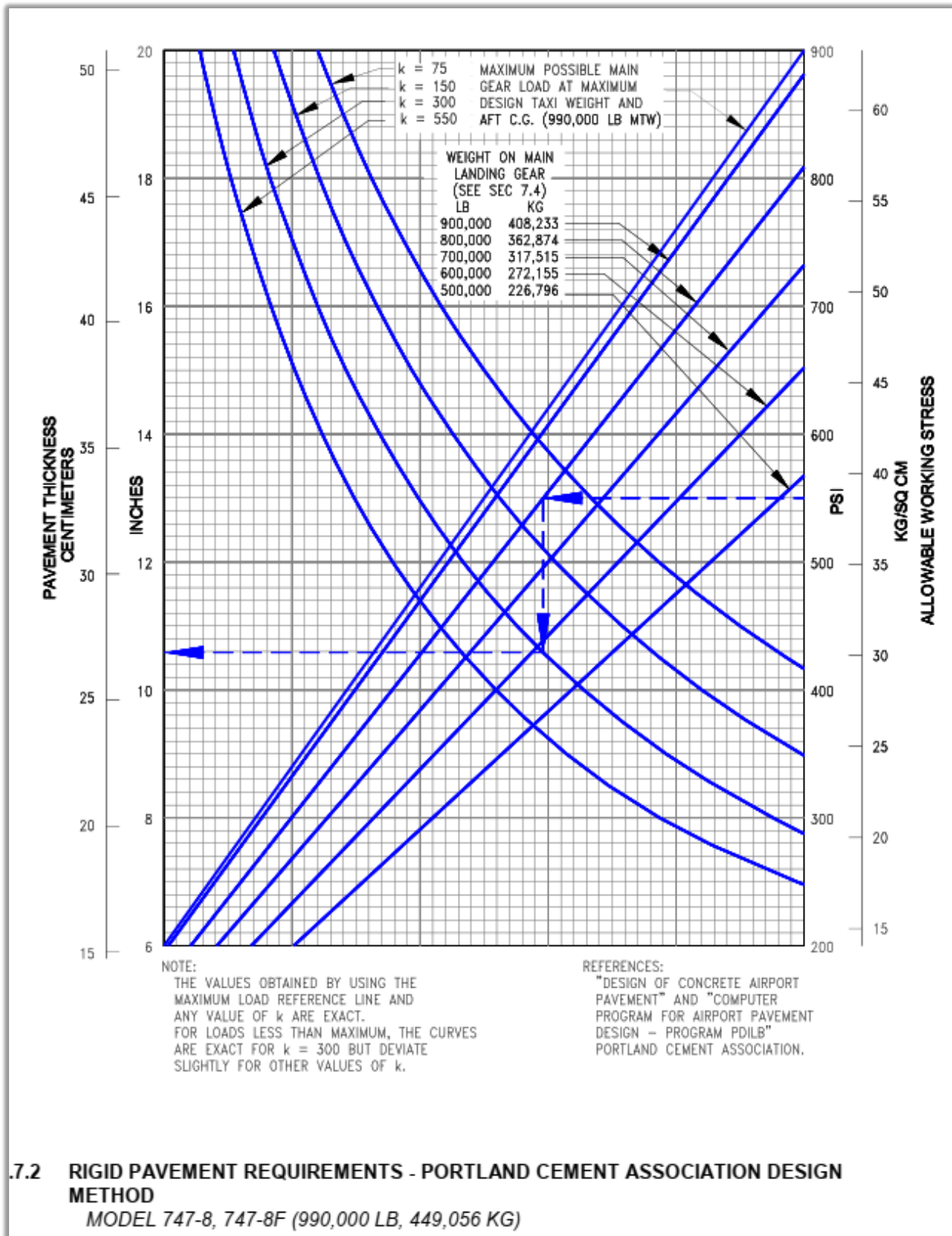
- Número de clave 4.
  - Tipo de aproximación CAT II°CAT III.
  - Altitud punto de referencia 1761 m.
  - OCH (altura de franqueamiento de obstáculos) en aproximación 182 m.
  - Distancia de la plataforma al eje de la pista (medida transversalmente) 435 m.
- a) Altitud superficie horizontal interna.
  - b) Radio superficie horizontal interna.
  - c) Altitud final superficie cónica.
  - d) Ancho máximo de la superficie de aproximación en el extremo remoto.
  - e) Longitud segunda sección superficie de aproximación teniendo en cuenta la OCH.
  - f) Longitud sección horizontal superficie de aproximación teniendo en cuenta la OCH.
  - g) Altura máxima en m que puede tener un poste de iluminación situado en el borde de la plataforma (entero)



34) Determinar el espesor de pavimento requerido para 6000 operaciones anuales de un 747-8 de 425T de peso en el MLG, considerando un pavimento flexible, CBR de 25.



35) Determinar el espesor de pavimento requerido un 747-8 de 425T de peso en el MLG, considerando un pavimento Rígido,  $K = 75 \text{ MN/m}^3$  y una tensión de trabajo de 600 PSI.



36) Determinar la operatividad y sus limitaciones, del Boeing 777-300ER en ambas pistas de SAEZ, considerando los siguientes datos:

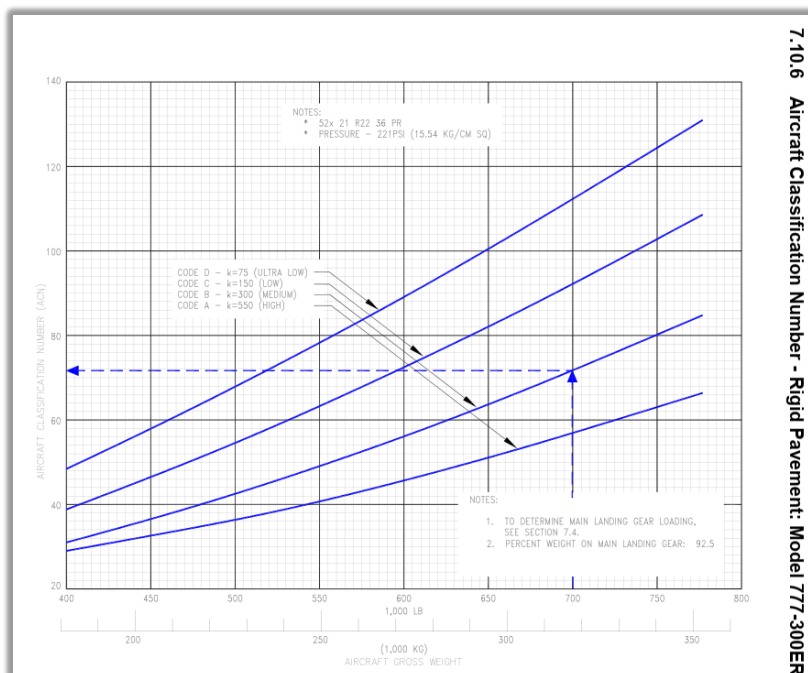
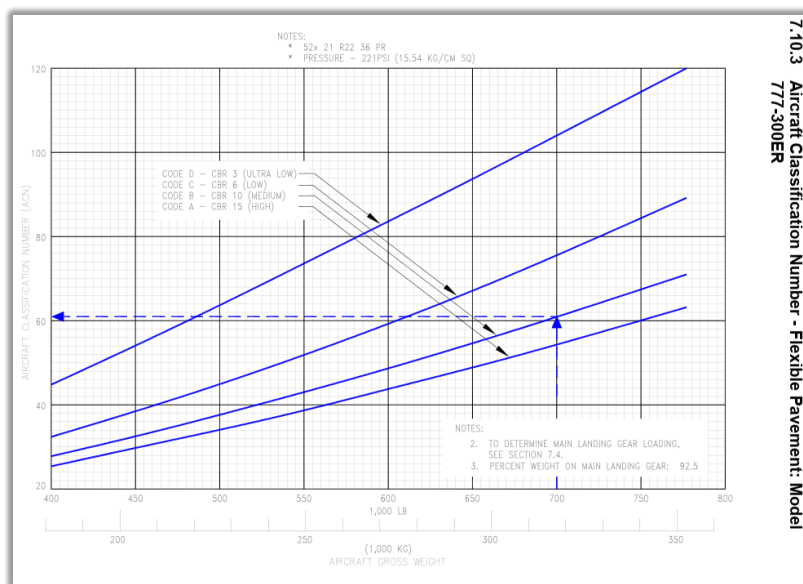
**SAEZ:**

RWY 11/29: **ASPH 82/R/B/W/T** y **CONC 92/F/C/W/T** (NOTA: Mal publicado en AIP, lo correcto es CONC = rígido y ASPH= FLEX)

RWY 17/35: **ASPH 70 R/B/W/T** y **CONC 74/F/B/W/T**

**BOEING 777**

CHARACTERISTICS	UNITS	777-200LR	777-300ER
MAX DESIGN TAXI WEIGHT	POUNDS	768,000	777,000
	KILOGRAMS	348,358	352,442
MAX DESIGN TAKEOFF WEIGHT	POUNDS	766,000	775,000
	KILOGRAMS	347,452	351,535
MAX DESIGN LANDING WEIGHT	POUNDS	492,000	554,000
	KILOGRAMS	223,168	251,290

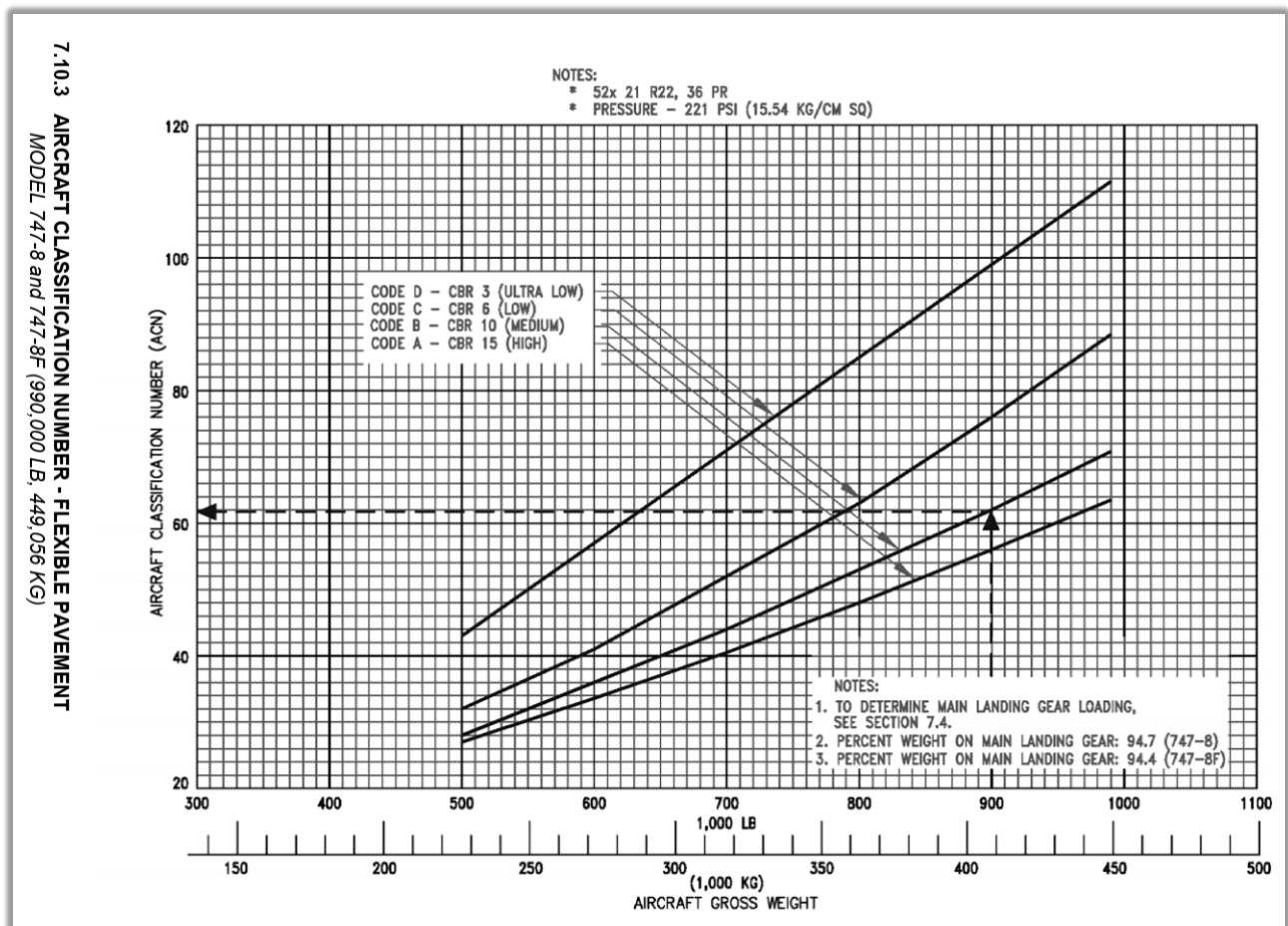


37) Determinar la codificación de una pista con las siguientes características:

- Pavimento Flexible, CBR= 8 con espesor de 70cm. No se consideran restricciones de presión de neumático. Se entiende que se utiliza como parámetro la experiencia de uso de una aeronave crítica determinada.

Subgrade strength category:	Code
<i>High strength:</i> characterized by $K = 150 \text{ MN/m}^3$ and representing all $K$ values above $120 \text{ MN/m}^3$ for rigid pavements, and by $\text{CBR} = 15$ and representing all $\text{CBR}$ values above 13 for flexible pavements.	A
<i>Medium strength:</i> characterized by $K = 80 \text{ MN/m}^3$ and representing a range in $K$ of 60 to $120 \text{ MN/m}^3$ for rigid pavements, and by $\text{CBR} = 10$ and representing a range in $\text{CBR}$ of 8 to 13 for flexible pavements.	B
<i>Low strength:</i> characterized by $K = 40 \text{ MN/m}^3$ and representing a range in $K$ of 25 to $60 \text{ MN/m}^3$ for rigid pavements, and by $\text{CBR} = 6$ and representing a range in $\text{CBR}$ of 4 to 8 for flexible pavements.	C
<i>Ultra-low strength:</i> characterized by $K = 20 \text{ MN/m}^3$ and representing all $K$ values below $25 \text{ MN/m}^3$ for rigid pavements, and by $\text{CBR} = 3$ and representing all $\text{CBR}$ values below 4 for flexible pavements.	D

Aeronaves críticas:



**Ejercicios TIPO 1er PARCIAL**

38) Determinar la longitud de pista requerida para la operación de una aeronave (en condiciones ideales), dados los siguientes datos:

- Longitud recorrida en despegue hasta alcanzar 35 pies sobre el umbral según norma FAR: 2000 m.
- Longitud recorrida en aterrizaje desde que está a una altura de 50 pies hasta estar parado: 1300 m.
- Longitud recorrida en despegue abortado para una V1 determinada 2100 m.

39) Para una longitud de pista de 2500m en condiciones ideales, corregir la longitud de la misma teniendo en cuenta:

- 500 m de elevación.
- Temperatura de AD 17°C y T° de atmosfera standar 12 °C.
- Pendiente de pista 4%.
- Viento de cola 15 Kts.

Correcciones a considerar:

- Incremento de 7% de pista por cada 300m de elevación.
- Incremento en 1% de pista por cada 1°C de incremento de temperatura de referencia respecto a la estándar.
- Incremento de 10% de pista por cada 1% de pendiente de pista.
- Incremento de 21% de pista por cada 10 Kts de viento de cola.

40) Determinar el largo y ancho total de la franja de pista, considerando una pista de precisión 4E y los siguientes datos:

- TORA: 2500m.
- LDA: 2200m.
- ASDA: 2700m.
- TODA: 2900m

Code number	Outer Main Gear Wheel Span (OMGWS)			
	Up to but not including 4.5 m	4.5 m up to but not including 6 m	6 m up to but not including 9 m	9 m up to but not including 15 m
1 <sup>a</sup>	18 m	18 m	23 m	-
2 <sup>a</sup>	23 m	23 m	30 m	-
3	30 m	30 m	30 m	45 m
4	-	-	45 m	45 m

a. The width of a precision approach runway should be not less than 30 m where the code number is 1 or 2.



Longitud de franja de pista: debería extenderse desde el eje de pista y el largo considerado, por una distancia de por lo menos:

- 1) 60m si el número de clave es 2, 3 o 4; ó
- 2) 60m si el número de clave es 1 y la pista es por instrumentos; ó
- 3) 30m si el número de clave es 1 y la pista no es por instrumentos.

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

- 140 m cuando el número de clave sea 3 ó 4; y
- 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

41) Realizar un dibujo de la pista considerando las dimensiones de las superficies características (FSR, CWY, DT, SWY) para la pista del aeropuerto dado (distancias en pies):

RUNWAY 10

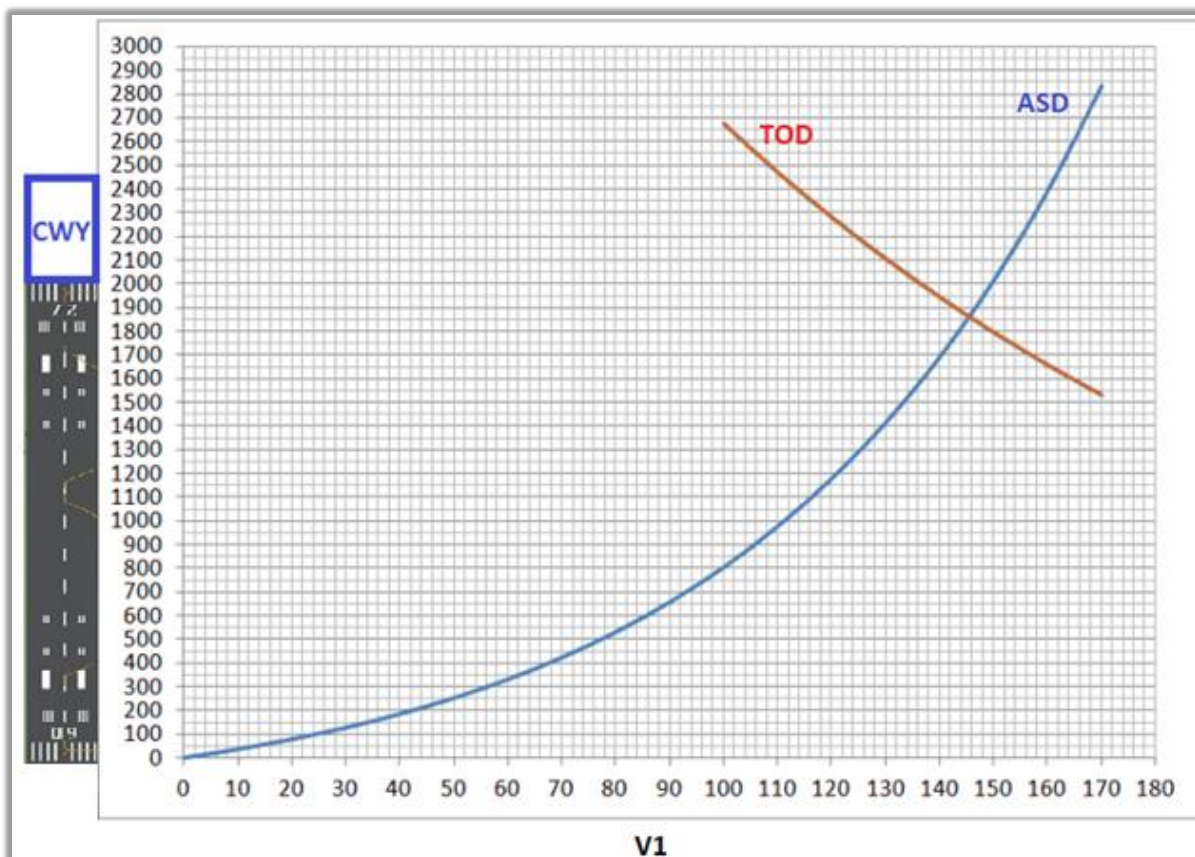
TORA:11570 TODA:11870 ASDA: 12250 LDA:11193

RUNWAY 28

TORA:11570 TODA:11570 ASDA:12305 LDA:11570

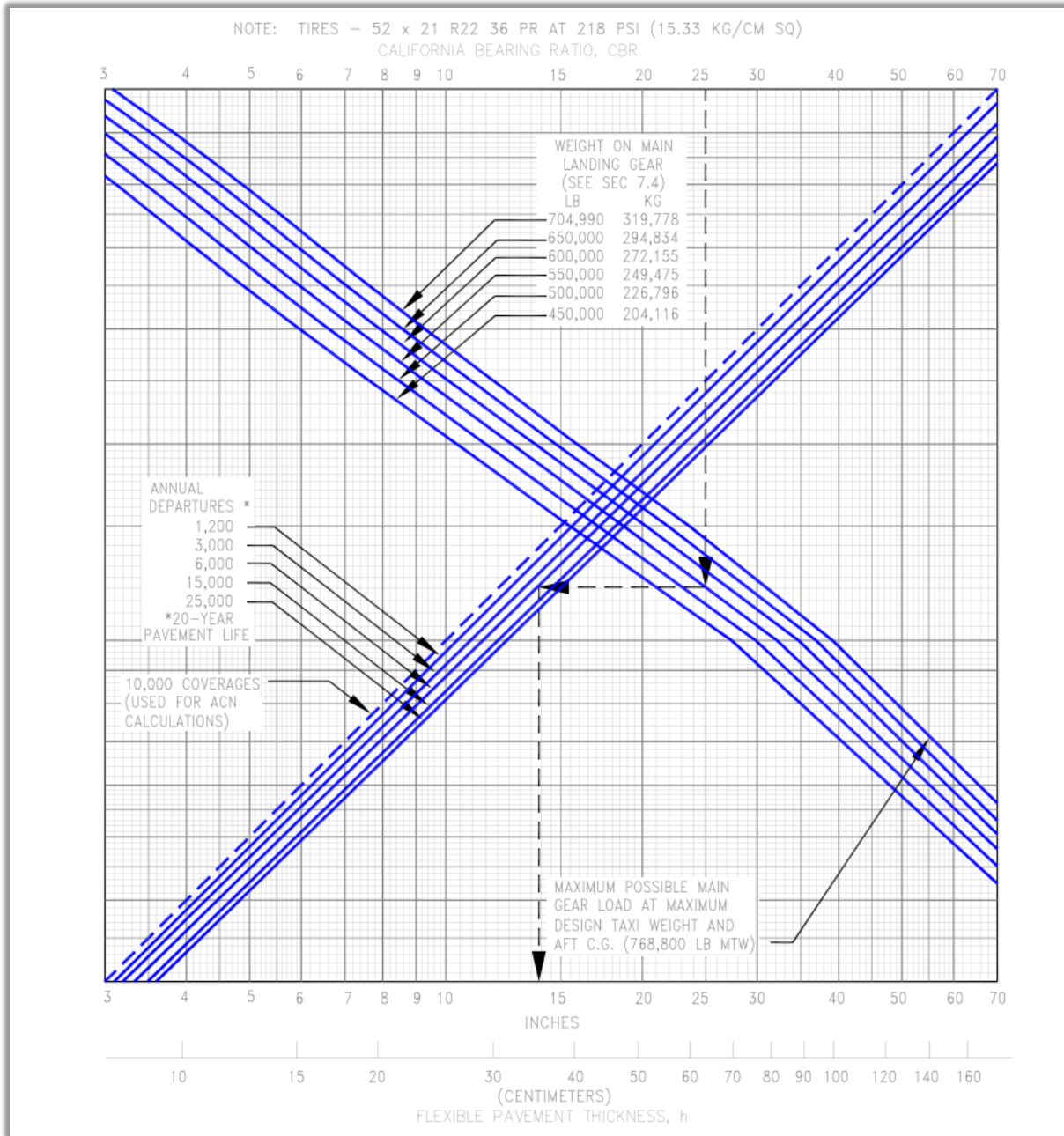
42) A partir del gráfico de performance de la aeronave y la pista dada con sus superficies características, determinar para la pista:

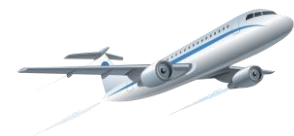
- V1 min.
- V1 para campo balanceado y distancia.
- V1 Max.



43) Determinar el espesor de un pavimento flexible para un 777F, considerando un peso de 500000 lb en su MLG y 25000 op. Resistencia del pavimento de 240 PCI.

$$k = \left[ \frac{1500 \times CBR}{26} \right]^{0.7788}, \quad (k \text{ in pci})$$

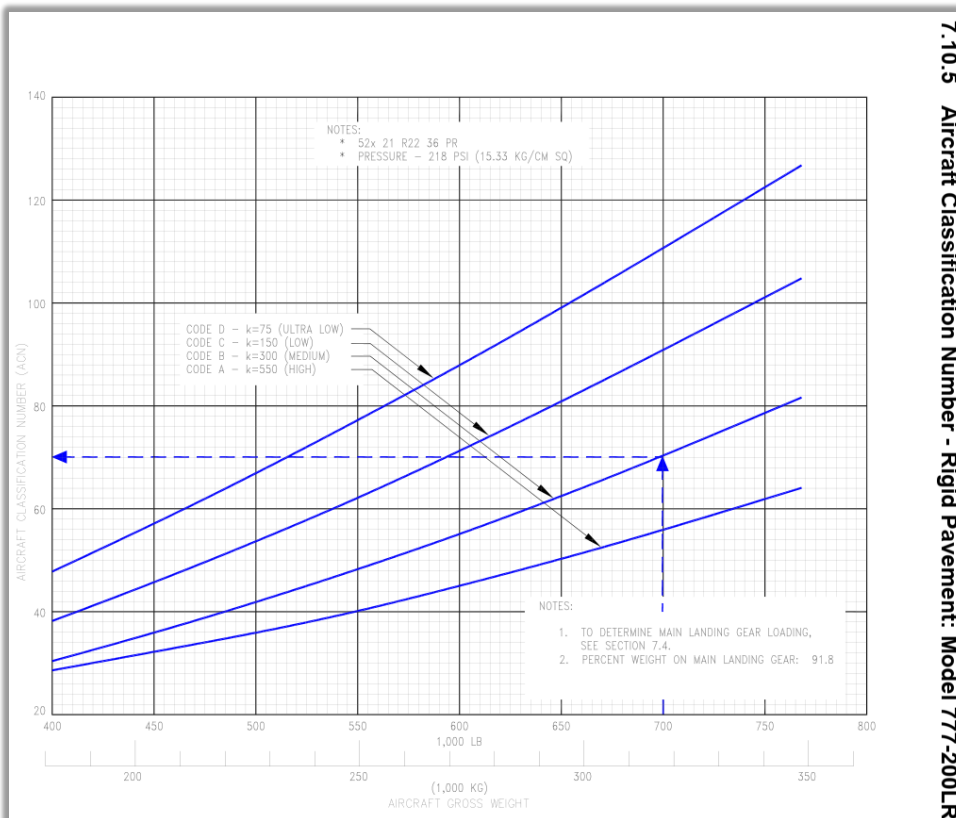
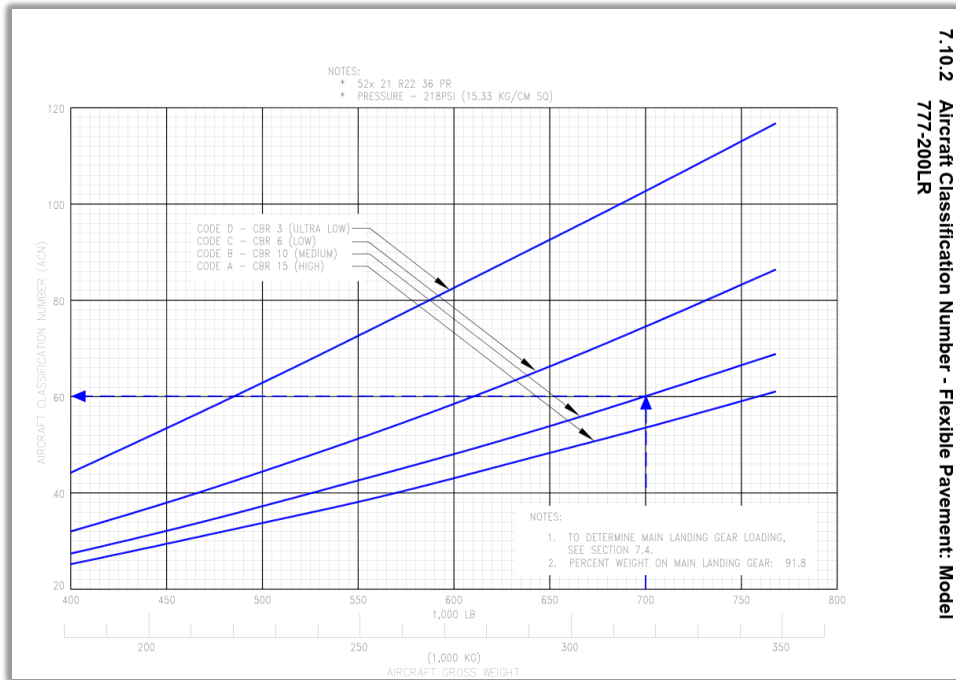




44) Determinar si el ACFT 777-200LR puede operar en el aeropuerto de SACO o debe establecerse alguna limitación:

- SACO RWY 01/19 - CONC 75/R/C/W/T.
- SACO RWY 05/23 - ASPH 26/F/C/Y/U.

CHARACTERISTICS	UNITS	777-200LR	777-300ER
MAX DESIGN TAXI WEIGHT	POUNDS	768,000	777,000
	KILOGRAMS	348,358	352,442
MAX DESIGN TAKEOFF WEIGHT	POUNDS	766,000	775,000
	KILOGRAMS	347,452	351,535
MAX DESIGN LANDING WEIGHT	POUNDS	492,000	554,000
	KILOGRAMS	223,168	251,290

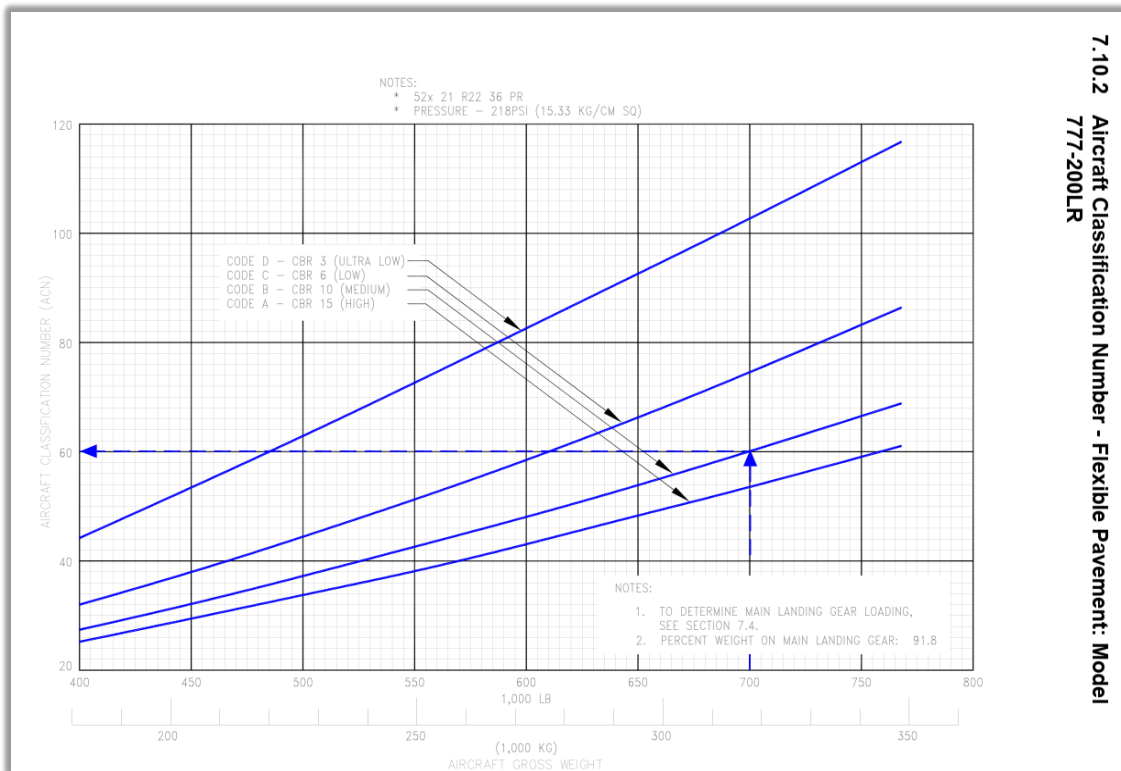


45) Determinar la codificación de una pista con las siguientes características:

- Pavimento Flexible, CBR= 10 con espesor de 60 cm. No se consideran restricciones de presión de neumático. Se entiende que se utiliza como parámetro la experiencia de uso de una aeronave crítica determinada con MTOW para determinar el número de PCN.

<i>Subgrade strength category:</i>	<i>Code</i>
<i>High strength:</i> characterized by $K = 150 \text{ MN/m}^3$ and representing all $K$ values above $120 \text{ MN/m}^3$ for rigid pavements, and by $\text{CBR} = 15$ and representing all $\text{CBR}$ values above 13 for flexible pavements.	A
<i>Medium strength:</i> characterized by $K = 80 \text{ MN/m}^3$ and representing a range in $K$ of 60 to $120 \text{ MN/m}^3$ for rigid pavements, and by $\text{CBR} = 10$ and representing a range in $\text{CBR}$ of 8 to 13 for flexible pavements.	B
<i>Low strength:</i> characterized by $K = 40 \text{ MN/m}^3$ and representing a range in $K$ of 25 to $60 \text{ MN/m}^3$ for rigid pavements, and by $\text{CBR} = 6$ and representing a range in $\text{CBR}$ of 4 to 8 for flexible pavements.	C
<i>Ultra-low strength:</i> characterized by $K = 20 \text{ MN/m}^3$ and representing all $K$ values below $25 \text{ MN/m}^3$ for rigid pavements, and by $\text{CBR} = 3$ and representing all $\text{CBR}$ values below 4 for flexible pavements.	D

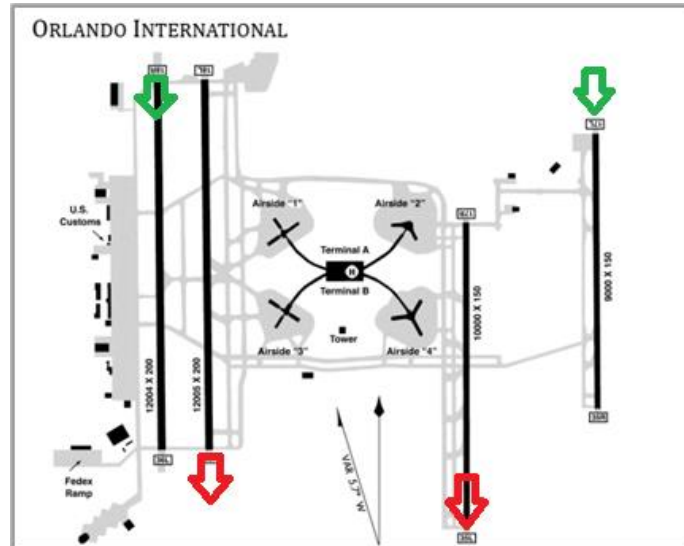
**Aeronave crítica: 777-300ER con MTOW 340T**



**Ejercicios 2do cuatrimestre**

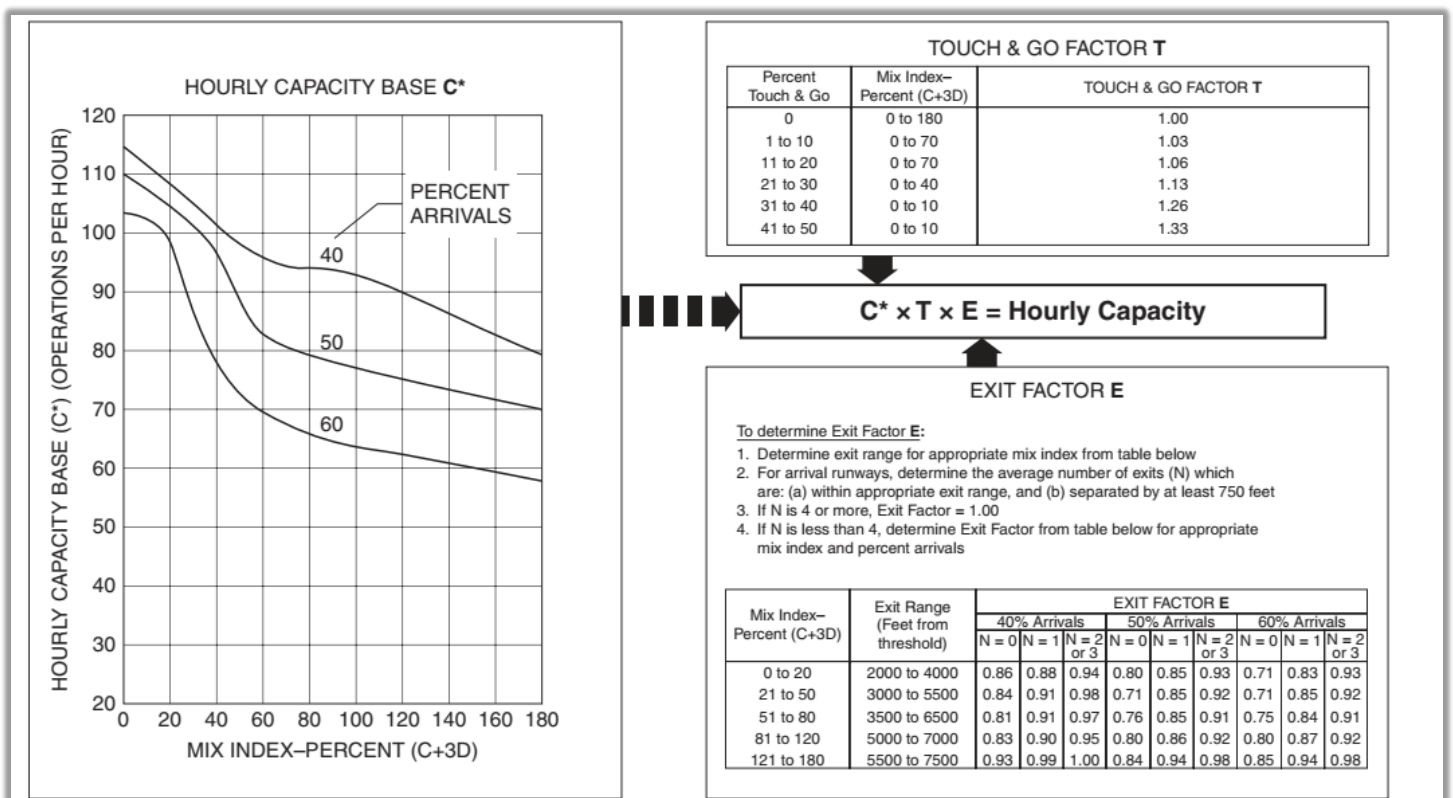
46) Determinar la capacidad de pista del Aeropuerto internacional de Orlando considerando:

- Dos pistas destinadas a arribos y dos pistas destinadas a despegues.
- Recibe 76 aeronaves por hora.
- Despegan 42 Aeronaves por hora por pista.



47) Determinar de manera gráfica la capacidad de pista considerando:

- Mix de aeronaves: A=10%, B=30%, C= 20%, D = 40%
- 60% de arribos.
- 1 calle de salida.



48) Determinar analíticamente la capacidad de pista, de un AD con las siguientes características:

- Approach path ( $\gamma$ ): 6 Nm.
- Distancia de separación ( $\delta_{ij}$ ): 3Nm.
- **No considerar Buffers de seguridad en esta instancia, trabajar solo con los tiempos entre arribos.**

Percentage of aircraft	Approach speed (knots)
20	100
20	120
60	135

$$m(v_2, v_1) = \frac{\delta}{v_2} \text{ for } v_2 \geq v_1$$

$$m(v_2, v_1) = \frac{\delta}{v_2} + \gamma \left( \frac{1}{v_2} - \frac{1}{v_1} \right) \text{ for } v_2 < v_1$$

49) Considerando los tiempos de separación entre aeronaves del ejercicio anterior y su probabilidad, adicionar los buffers de seguridad y obtener la nueva capacidad considerando:

- $\sigma_0 = 20s$ .
- $P_v = 5\%$  de error.
- $Q(P_v) = 1.65$
- Distancia de separación ( $\delta_{ij}$ ): 3Nm.

Utilizar algunas de las sig. Formulas:

$$b(v_2, v_1) = \sigma_0 q(p_v)$$

$$b(v_2, v_1) = \sigma_0 q(p_v) - \delta \left( \frac{1}{v_2} - \frac{1}{v_1} \right)$$

50) Determinar analíticamente la capacidad de pista en despegues, de un AD con las siguientes características:

Separaciones [s]		Trailing Aircraft		
		H	L	S
Leading Aircraft	H	60,00	120,00	120,00
	L	60,00	90,00	90,00
	S	60,00	60,00	60,00

Type Of aircraft	H	L	S
% Mix	30	20	50


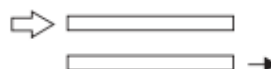
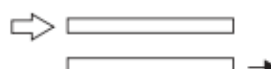
51) Obtener el ASV de una pista considerando los siguientes datos:

Total annual operations = 367,604

Average daily operation = 1050

Average peak-hour operations, peak month = 75

El **C<sub>w</sub>** deberá obtenerse considerando los siguientes datos:

Operating condition					
No.	Ceiling and visibility	Runway use	Mix index	Percentage of year	Hourly capacity
1	VFR		150	70%	93
2	VFR		150	20%	72
3	IFR		180	10%	62

52) Determinar la capacidad de Gates, considerando el uso de **10 Gates** (aptas para cualquier aeronave) y el siguiente Mix de aeronaves:

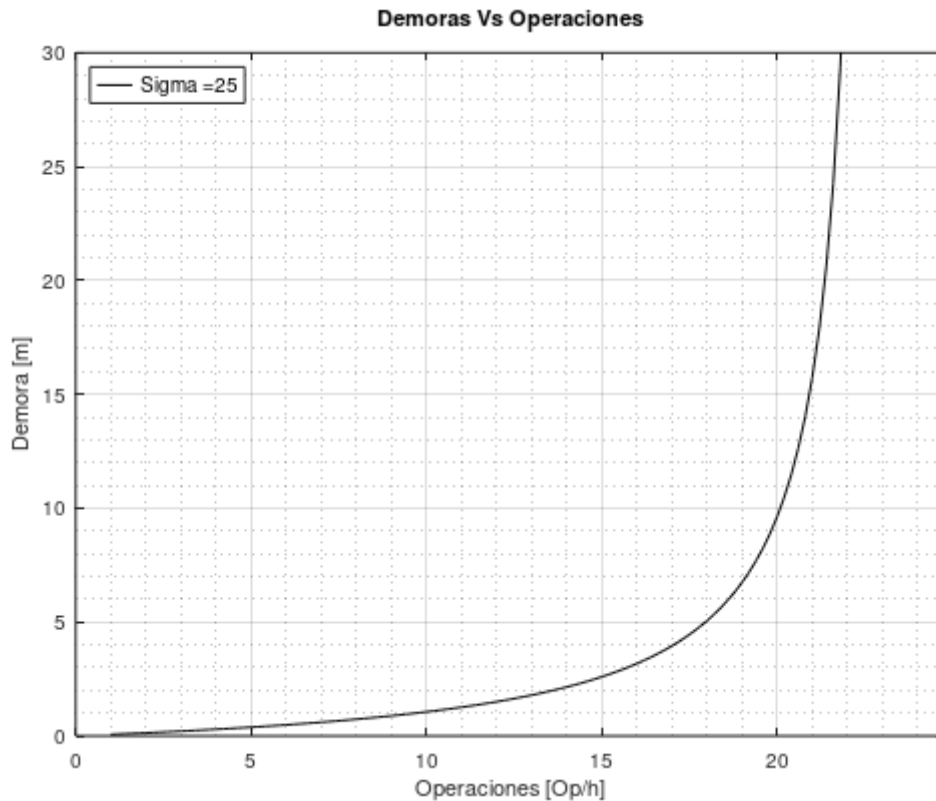
Aircraft class	Mix (%)	Average occupancy time (min)
1	10	20
2	30	40
3	60	60

53) Determinar la demora promedio que tendrían las aeronaves con los siguientes datos, considerando el teorema de colas:

- Tasa de arribos: 45 Op/h.
- Tasa de servicio 60 Op/h.
- Desvío estándar de la tasa de servicio: 12 s/Op.

54) Determinar para una pista destinada a despegues:

- Capacidad última en base al gráfico.
- Capacidad práctica para 9 minutos (Aprox)
- Formular la ecuación analítica a partir de los datos dados/obtenidos.



55) Considerando el modelo basado en el Enfoque de TEORIA DE COLAS, determinar las operaciones requeridas para una demora aproximada de 2 minutos.

$$W = \frac{\lambda(\sigma^2 + 1/\mu^2)}{2(1 - \lambda/\mu)}$$

- Tasa de servicio de 40 Op/h.
- Desvió estándar de 30 s/Op.

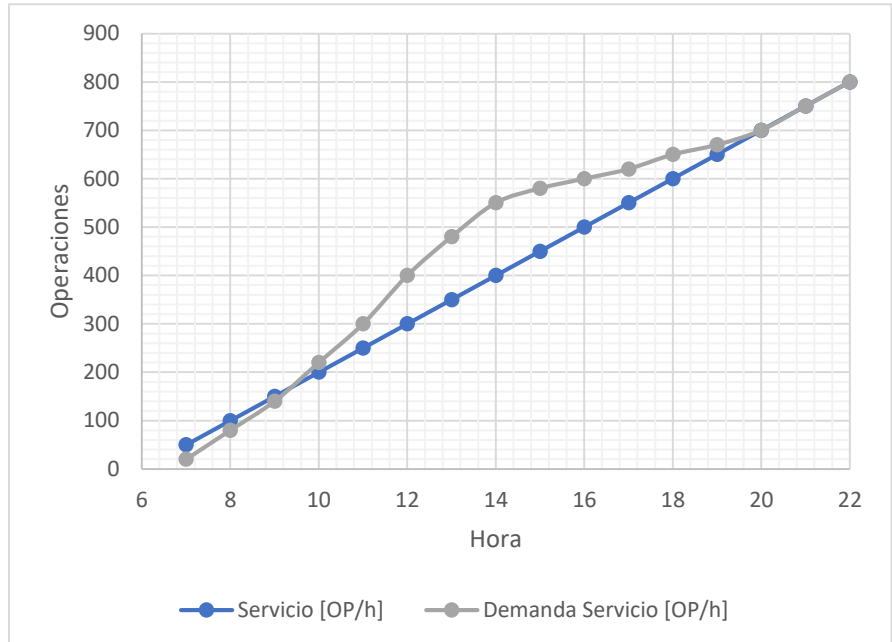
56) Para el ejercicio anterior, determinar la capacidad práctica para una demora de 8 minutos.

57) Un aeropuerto recibe en promedio 20 Op/h de aeronaves. La combinación de aviones en el aeropuerto en la hora pico se compone de un 30% tipo A, un 50% B y 20% C. Las aeronaves tipo A requieren ocupación de puerta de embarque tiempo de 60 min, el tipo B requiere 45 min y el tipo C requiere 30 min.

- Determinar la cantidad de gates a emplazar.
- Determinar la cantidad de gates a emplazar considerando el factor  $G + \sqrt{G}$ .

58) Dados los siguientes datos determinar:

Hora	Servicio [OP/h]	Demanda Servicio [OP/h]
7	50	20
8	100	80
9	150	140
10	200	220
11	250	300
12	300	400
13	350	480
14	400	550
15	450	580
16	500	600
17	550	620
18	600	650
19	650	670
20	700	700
21	750	750
22	800	800



- Hora y cantidad de aeronaves en cola, donde se alcanza la máxima diferencia entre la tasa de servicio del aeropuerto y la demanda.
- Tiempo de espera para la última aeronave en cola, estimada en el ítem a)

59) Para el METAR dado a continuación determinar:

`METAR SAEZ 191800Z 23007KT 9999 FEW038 SCT047 20/11 Q1014 NOSIG RMK PP000 =`

- Lugar de emisión.
- Visibilidad.
- Dirección del viento e intensidad.
- Punto de rocío.

60) Para el METAR dado a continuación determinar:

`METAR SAZG 191800Z 20018KT 9999 BKN015 10/05 Q1019 =`

- Lugar de emisión.
- Día y hora.
- Tipo de Nubosidad y altitud.
- QFE.

61) Para el METAR dado a continuación determinar:

METAR SAWH 191800Z VRB02KT CAVOK 08/M01 Q1025 RMK PP000 =

- a) Lugar de emisión.
- b) Dirección e intensidad del viento.
- c) Visibilidad.
- d) T° y punto de rocío.

62) Para el METAR dado a continuación determinar:

METAR SACO 191800Z 18011KT 9999 SCT047 17/05 Q1017 NOSIG RMK PP000 =

- a) Lugar de emisión.
- b) Dirección e intensidad del viento.
- c) Visibilidad.
- d) T° y punto de rocío.
- e) Tipo de Nubosidad y altitud.
- f) Fenómeno que podrían pronosticarse para la próxima hora.

**Considerando la siguiente ecuación:**

**Day-Night Average Sound Level**

As the name implies, the day-night average sound level, DNL, is a metric used to describe sound exposure over a 24-h period and the units

are decibels. Computationally it is identical to the 24-h average sound level with one important difference. The DNL incorporates a time-of-day weighting which adds 10 dB to sound levels occurring between 10 p.m. and 7 a.m. While the magnitude of the weighting periodically becomes a topic of discussion within the scientific community, the intent is to account for a presumed increase in human sensitivity to noise during nighttime hours. While the formal definition is a continuous integral, Eq. (14-9) shows the formula for computing the total (aircraft plus community sources) DNL from discrete samples of the A-weighted sound level.

$$L_{dn} = 10 \log \left( \frac{1}{86,400} \sum_{i=1}^N 10^{(L_{A,i} + W_i)/10} \Delta t \right) \quad (14-9)$$

- where
- $L_{dn}$  = day-night average sound level for 1 day
  - $L_{A,i}$  = instantaneous  $i$ th A-weighted sound level measured every 0.5 s
  - 86,400 = number of seconds in a day
  - $W_i$  = time-of-day weighting for the  $i$ th A-weighted sound level (0 dB if it occurred between 7 a.m. and 10 p.m., 10 dB if it occurred between 10 p.m. and 7 a.m.)
  - $\Delta t$  = typically 0.5 s or less and the units must be in seconds
  - $N$  = equal to  $86,400/\Delta t$

The aircraft component of DNL may be computed from sound exposure levels of individual events using Eq. (14-10).

$$L_{dn} = 10 \log \left( \frac{1}{86,400} \sum_{j=1}^M 10^{(L_{AE,j} + W_j)/10} \right) \quad (14-10)$$

- where
- $L_{AE,j}$  = sound exposure level produced by the  $j$ th aircraft pass-by during the day
  - $W_j$  = time-of-day weighting for the  $j$ th aircraft pass-by (0 dB if it occurred between 7 a.m. and 10 p.m., 10 dB if it occurred between 10 p.m. and 7 a.m.)
  - $M$  = number of aircraft noise events during 24-h period

63) Determinar el DNL de un AD en despegues, para una zona a 2000fts del umbral de una cabecera con las siguientes aeronaves y horarios:

<b>ACFT</b>	<b>SEL (Sound expopuse level)</b>	<b>Hora</b>
A321	81.2 dB	6:03am
A380-800	95.1 dB	10:32am
A320	79.2 dB	2:15 pm
737-800	88.8 dB	7:33 pm
LEAR35	71.2 dB	10:05pm

**Ejercicios TIPO 2do PARCIAL**

64) Con los datos expuestos a continuación, determinar la capacidad de pista del aeródromo (No se consideran Buffers de seguridad):

- $\delta_{ij}$ : 3 Nm.
- $\gamma$ : 7 Nm.
- $T_{ij} = \frac{\delta_{ij}}{v_j} + \gamma(\frac{1}{v_j} - \frac{1}{v_i})$     o     $T_{ij} = \frac{\delta_{ij}}{v_j}$

**Nota:** Utilizar dos decimales, redondeando el ultimo, en las tablas expuestas

<b>V. Approach [Kts]</b>	<b>155</b>	<b>135</b>	<b>90</b>
<b>% Mix</b>	<b>30</b>	<b>50</b>	<b>20</b>

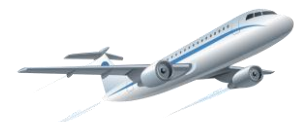
<b>Tiempos entre arribos (Tij)</b>		<b>Trailing Aircraft</b>		
		<b>155</b>	<b>135</b>	<b>90</b>
<b>Leading Aircraft</b>	<b>155</b>			
	<b>135</b>			
	<b>90</b>			

<b>Matriz de probabilidad (Pij)</b>		<b>Trailing Aircraft</b>		
		<b>155</b>	<b>135</b>	<b>90</b>
<b>Leading Aircraft</b>	<b>155</b>	0,090	0,150	0,060
	<b>135</b>		0,250	0,100
	<b>90</b>			

65) Considerando el modelo basado en el Enfoque de TEORIA DE COLAS, determinar la demora para una demanda de 20 Op/h.

$$W = \frac{\lambda(\sigma^2 + 1/\mu^2)}{2(1 - \lambda/\mu)}$$

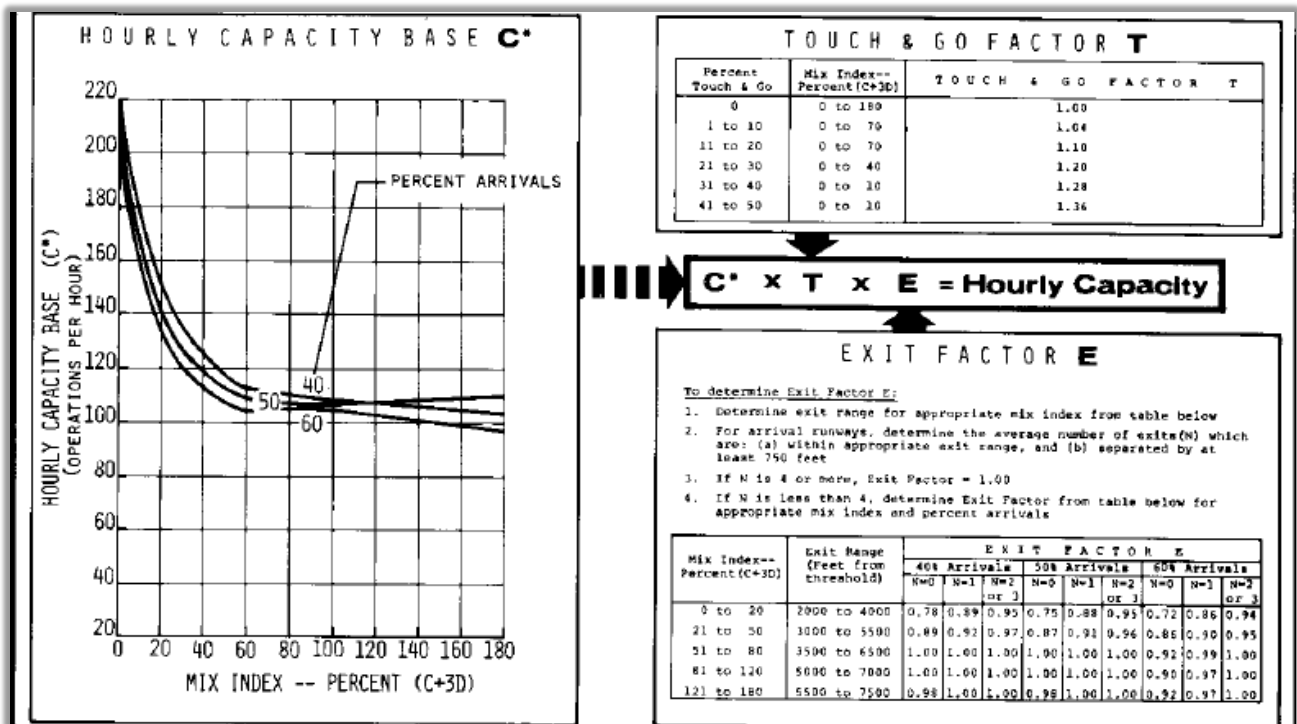
- Tasa de servicio de 30 Op/h.
- Desvió estándar de 20 s/Op.



66) Realizar el diagrama de Pareto de 3 puntos de información, donde la máxima cantidad de operaciones sólo en despegues es de 40 Op/h y el punto óptimo de operaciones mixtas es de 30 OP/h en arribos y 25 OP en despegues.

67) Determinar la capacidad en arribos para una pista con las siguientes características:

- VFR.
- 50% Arribos.
- MIX: A=10%, B=10%, C=50%, D=30%.
- 5 Calles de salida de pista.



68) Determinar la capacidad de Gates, considerando el uso de **10 Gates** (aptas para cualquier aeronave) y el siguiente Mix de aeronaves:

Clases de ACFT	MIX (%)	Tiempo de ocupación promedio (minutos)
1	30	50
2	30	120
3	40	60

69) Determinar la cantidad de operaciones proyectadas para un aeropuerto al 2025 si al 2022 posee 40.000 Operaciones y se proyecta un crecimiento al 4% considerando una proyección exponencial.

## Respuestas

- 1) 5 y 10.
- 2) 3B.
- 3) 2B.
- 4) B/D.
- 5) 8 Knots.
- 6)  $PL = \text{Pasajeros} + \text{Equipaje} / ZFW = OEW + PL / TOGW = ZFW + FW$ .
- 7)  $TOW = 43.800$ ,  $OEW = 27.900$ ,  $PL = 0550$ ,  $ZFW = 38.450$ ,  $FW = 5.350$ ,  $LW = 40.150$ .
- 8)  $FW = 75.000 \text{ Kg}$  y  $\text{Range} = 4.000 \text{ Nm}$ .
- 9) A380-841.
- 10) *En este ejercicio se intenta observar la eficiencia de la aeronave vs el costo, se debe considerar la antigüedad de las aeronaves, pero es un ejercicio para pensar, ya que cualquier respuesta puede ser correcta.*
- 11) a) FL100 (acrónimo de Nivel de vuelo) / b) 10.000 fts, Altitud referenciada al MSL. c) Altura de vuelo.
- 12) 95%
- 13) 1200 m.
- 14) Dirección magnética:  $318^\circ$ .
- 15) Dirección verdadera:  $066^\circ$ .
- 16) Dirección magnética en 2026:  $105^\circ$ .
- 17) Marcación magnética en 2026:  $223^\circ$ . No se cambia la numeración de la pista.
- 18) Dirección magnética en 2026:  $166^\circ$ .
- 19) E-W.
- 20) a)  $260000N - 12857,6N = 82000.\text{kg} \times a$ ,  $a = 3,0139 \text{ m/s}^2$ .  
b)  $a = 1.5 \text{ m/s}^2$ ,  $D = 1976 \text{ m}$ .
- 21)  $\sigma = 0.738$  para 10000fts,  $E = 436 \text{ KN} \times 0.738$ .
- 22)  $\sigma = 0.65$  para 14000fts,  $E = 130 \text{ KN} \times 0.65$ , %35 de reducción.
- 23) Presión de la altitud para 14000fts de 59524Pa,  $\rho = 0.73 \text{ Kg/m}^3$ ,  $E = 95272,40 \text{ N/ENG}$ .
- 24) TOD: 2025/ LD 1471.
- 25) TOD: 1886m/ LD =  $880 \text{ m} \times 1.92 = 1690 \text{ m}$
- 26) 6000 pies/ 1.800 m.
- 27) 09 - TORA: 2639m, TODA: 2989m, ASDA: 2814m, LDA 2441m.  
27 - TORA: 2639m, TODA: 2770m, ASDA: 2770m, LDA 2639m.
- 28) RWY 17: N/A. RWY 35: CWY 300m, DTH: 300m. RWY 11: CWY 200m. RWY 29: N/A.
- 29) 2033m.
- 30) 45m / 15m / 2410m / 280m / 90m / 240m / 90 o 150m (ver 9157 VOL1 y ANEXO 14).
- 31) 158m / 44m / 40.5m / 22.5m.
- 32)  $a = -1.33 \text{ m/s}^2$  y 1832m Aprox.
- 33) 1806m / 4000m / 1906m / 4780m / 4880m / 7120m / 42m.
- 34) 43 cm de espesor (Aprox).
- 35) 14'' aprox.
- 36) El 773 puede despegar con la MTOW en RWY 11/29. Para RWY 17/35 deben aplicarse limitaciones de peso para el despegue.
- 37) Al ser CBR=8, puede ser categoría de resistencia B o C, por lo tanto la codificación podría ser: 71/F/B/W/U o 88/F/C/W/U.
- 38) 2171m.
- 39) 5396m.

- 40) 2820m de largo x 280m de ancho.  
 41) RWY 10L: CWY=TODA-TORA, SWY=ASDA-TORA, DT: TORA-LDA.  
 RWY28R: SWY=ASDA-TORA.  
 42) V1min: 110kts, V1Cb: 146 Kts y 1850m, V1max: 150Kts.  
 43) CBR=20 y 40cm (Aprox.) de espesor.  
 44) La aeronave no puede operar en la RWY 05/23. Puede aterrizar con el MLW en la RWY 01/19, pero no puede despegar con el MTOW, debe limitarse su peso de despegue.  
 45) PCN 66/F/B/W/U.  
 46) 160 Op/h.  
 47)  $61 \cdot 1 \cdot 0.94 = 56$  Op/h.  
 48) 36.7 Op/h.  
 49) 28.6 Op/h.  
 50) 46 Op/h.  
 51) Resolución:

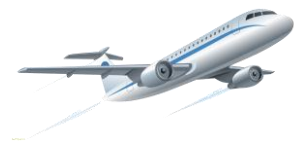
Operating condition number	Hourly capacity, operations per hour	Percent of predominant capacity	Weight
1	93	100	1
2	72	77	15
3	62	67	15

- $C_w = [(0.70 \times 93 \times 1) + (0.20 \times 72 \times 15) + (0.10 \times 62 \times 15)] / [(0.70 \times 93 \times 1) + (0.20 \times 72 \times 15) + (0.10 \times 62 \times 15)].$   
 $D = 367.604/1050$   
 $H = 1050/75$   
 $ASV = C_w \cdot D \cdot H = 352.800$  Op/año.  
 52)  $10 / (0.1 \cdot 20 + 0.3 \cdot 40 + 0.6 \cdot 60) = 0.2$  Acft/min = 12 Acft/h.  
 53) 1.6 Minutos.  
 54) A) 22 Op/h B) 20 Op/h.  
 55) 29 Op/h.  
 56) 36 Ops/h.  
 57) A) 16 Gates B) 20 Gates.  
 58) A) 150 aeronaves en cola a las 14 hs b) Demora =  $150 \text{ Op} / (50 \text{ OP/h}) = 3$  Horas.  
 59) a) SAEZ b) más de 9999m (óptima) c)  $230^\circ$  7 Knots d)  $11^\circ\text{C}$ .  
 60) a) SAZG b) día 19 a las 18:00hs ZULU c) Broken a 1500fts de altitud d) No hay, sólo hay QNH.  
 61) a) SAWH (USH) b) variable 02 Kts c) más de 10 Km (óptima) d)  $08^\circ\text{C}$  y  $-1^\circ\text{C}$ .  
 62) a) SACO b)  $180^\circ$  11Kts c) más de 9999m d)  $17^\circ\text{C}$  y  $5^\circ\text{C}$  e) nubes dispersas a 4700 fts  
 f) Sin fenómenos significativos esperados  
 63)

$$L_{dn} = 10 \log \left[ \frac{1}{86,400} (10^{91.2/10} + 10^{95.1/10} + \dots + 10^{81.2/10}) \right]$$

$$= 10 \log 63,978.85 = 48.1 \text{ dB}$$

- 64) E(t): 104,8946237s y la capacidad es de 34 Op/h.  
 65) 2 minutos (Aprox.)  
 66) Diagrama conformado por las siguientes coordenadas (0;30), (25;30) y (40;0).  
 Eje X= Despegues, Eje Y=Arribos.  
 67) C=100, T=1, E=1. Por lo tanto, la capacidad total es  $C=100 \times 1 \times 1$ .  
 68)  $C = \text{Gates} / T$ . de ocupación promedio.



T. de ocupación promedio [Hs]=  $(0.3 \times 50 + 0.3 \times 120 + 0.4 \times 60) / 60$  [h] = 75min/60min \* 1Hs = 1.25 Hs.

Por lo tanto: **C= 10 operciones por Gates/1.25Hs = 8 operaciones por Gates/Hs = 8 Op/h en los Gates.**

69) Op =  $40.000 \times (1+0.04)^{(2025-2023)} = 44.994$  Op.