

6. Análisis de Resultados

6.1 Antecedentes al anexo 16, volumen II.

En la conferencia de las Naciones Unidas sobre medio Humano, celebrada en 1972 en Estocolmo; la ICAO fue objeto de la resolución A18-11 de la asamblea, dicha resolución menciona lo siguiente:

“2. Que al desempeñar ese papel, la ICAO está consciente de los efectos adversos en el medio ambiente que pueden relacionarse con la actividad de las aeronaves y de la responsabilidad de la ICAO y de sus estados miembros en lograr la mayor compatibilidad posible entre el desarrollo seguro y ordenado de la aviación civil y la calidad del medio humano” (anexo 16 volumen II, 2008, p ix). (p.23).

La asamblea entonces pidió al consejo que la ICAO y otros organismos internacionales formulen la creación de normas, métodos y procedimientos recomendados para el mejoramiento de la calidad del medio humano.

Teniendo en cuenta lo anteriormente citado, la ICAO ideó un programa de protección al medio ambiente y creó un grupo de estudio dedicado a las emisiones de los motores de las aeronaves. Posteriormente en 1977 se creó el comité sobre emisiones de los motores de las aeronaves (CAEE) y en 1980 dicho comité creó el Anexo 16 cuyo nombre es “Protección del

Medio Ambiente”, dividiéndolo en dos volúmenes; donde el volumen I está dedicado al Ruido de las Aeronaves y el volumen II a las Emisiones de los Motores de las Aeronaves.

El volumen II se encuentra dividido en tres partes: Parte I – Definiciones, Parte II – Purga de Combustible y Parte III – Certificación respecto a las emisiones.

6.2 Certificación respecto a las emisiones según ICAO anexo 16, volumen II.

En la parte III del anexo 16, volumen II; dedicada a la Certificación respecto a las emisiones; se contempla el proceso de certificación de los motores, cuando estos se utilicen en aeronaves dedicadas a la navegación aérea internacional. En el capítulo 1, sección 1.2 de esta parte, se establece que la autoridad encargada concederá los certificados respecto a las emisiones a base de pruebas satisfactorias de que el motor en cuestión satisface requisitos por lo menos tan rigurosos como los prescritos en el volumen II del anexo 16. Debe existir un documento que atestigüe la certificación respecto a las emisiones; este puede ser un certificado independiente de las emisiones o una declaración apropiada contenida en un documento aprobado por la autoridad encargada de la certificación (anexo 16 volumen II, 2008, p III-1-1).

El documento que atestigüe la certificación con respecto a las emisiones del motor, deberá tener los siguientes datos:

- a-) La designación oficial de la autoridad encargada de la certificación.
- b-) La designación del tipo y modelo de la fabricación.
- c-) La declaración de toda modificación adicional incorporada con el fin de complementar las formalidades aplicables a la certificación respecto a las emisiones.
- d-) El empuje nominal del motor.

- e-) La relación de presión de referencia del motor.
- f-) Una declaración de cumplimiento de los requisitos referentes al índice de humo.
- g-) Una declaración de cumplimiento de los requisitos referentes a los contaminantes gaseosos.

Los estados contratantes reconocerán como válido todo certificado respecto a las emisiones otorgado por la autoridad encargada de la certificación de otro estado contratante, siempre que sean por lo menos tan rigurosos como los prescritos en el volumen II del presente anexo (anexo 16 volumen II, 2008, p III-1-1). (p.23).

6.2.1 Aplicación de las ecuaciones que certifican las emisiones de los motores del estudio. Se utilizaron dos métodos para analizar los resultados, uno de ellos fue utilizar las ecuaciones que certifican las emisiones de los motores turborreactores y turbofan proyectados para propulsar aeronaves exclusivamente a velocidades subsónicas; este método es el recomendado internacionalmente por la ICAO en su anexo 16, denominado Protección del Medio Ambiente- Emisiones de los Motores de las Aeronaves. El otro método fue el analizar los contenidos porcentuales y por partículas por millón (ppm) de los gases contaminantes, utilizando un equipo analizador de gases (GAS ALERT MAX XT); las normas aplicadas en este método fueron las normas OSHA 29CFR 1910.146 para espacios reducidos y la Resolución 601 del 4 de abril de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Para determinar los valores permisibles de gases contaminantes emitidos a la atmósfera por los motores a reacción, se debe tener en cuenta el capítulo 2 de la parte III del anexo 16, volumen II, el cual está dedicado al análisis de los motores turborreactores y turbofan proyectados para propulsar aeronaves exclusivamente a velocidades subsónicas.

En este capítulo se enuncian las emisiones que deben ser tratadas para la certificación de los motores. Dichas emisiones son:

- Humo
- Emisiones gaseosas de Hidrocarburos sin quemar (HC)
- Emisiones gaseosas de Monóxido de Carbono (CO)
- Emisiones gaseosas de Óxidos de Nitrógeno (NO_x)

Las emisiones de humo o smoke serán medidas bajo el número de smoke, enunciado anteriormente en la sección 3.6.1.1 del presente proyecto. Las emisiones de los contaminantes gaseosos HC, CO y NO_x, serán medidas en gramos con respecto al empuje nominal del motor. Las condiciones atmosféricas de referencia se trabajaran según la atmosfera estándar internacional (ISA) al nivel del mar ($P_a = 101.325 \text{ KPa}$, $T_a = 288.16 \text{ °K}$).

El reglaje y el tiempo de la prueba serán los descritos en la tabla 2 para un ciclo despegue/aterrizaje (LTO). Las especificaciones del combustible serán las del JET A-1 (Ver anexo B).

6.2.1.1 Cálculo del índice de humo reglamentario para los motores. El cálculo del índice de humo también es conocido como el número de smoke, el cual fue mencionado en la sección 3.6.1.1. Este número de smoke se define como un término adimensional que cuantifica el nivel de las emisiones de humo, guiándose por la mancha resultante en un filtro por la masa de referencia de la muestra de gases de escape, y graduados en una escala de 0 a 100 (anexo 16 volumen II, 2008, p III 2-3, AP 2-1); siendo 50 el valor máximo permitido.

El índice de humo reglamentario bajo las fases del ciclo despegue/aterrizaje (LTO), no podrá superar el nivel calculado bajo la ecuación 9:

$$SN = 83.6(F_{00})^{-0.274} \quad (9)$$

Dónde: SN = Numero de Smoke Índice de humo reglamentario

F_{00} = Empuje Nominal del motor en Kilonewtons.

El empuje nominal (F_{00}), es el empuje de despegue máximo aprobado por la autoridad encargada de la certificación de la operación del avión.

Para el caso del estudio se realizó la prueba en los 3 motores, a los cuales se les calculo el Número de Smoke correspondiente, teniendo como referencia el empuje nominal para los motores turbofan. Para el motor turbohélice se utilizó otra ecuación ya que para este el concepto de empuje nominal cambia a potencia. Los valores de los empujes nominales y de la potencia para el turbohélice fueron tomados de la ficha técnica de los mismos.

- Cálculo del Número de Smoke para el motor turbofan CFM56-5B :

$$F_{00} = 142.336 \text{ KN}$$

$$SN = 83.6(142.336)^{-0.274}$$

$$SN = 21.48$$

- Cálculo del Número de Smoke para el motor turbofan RRTrent 700:

$$F_{00} = 300.300 \text{ KN}$$

$$SN = 83.6(300.300)^{-0.274}$$

$$SN = 17.51$$

- Cálculo del Número de Smoke para el motor turbohélice Pratt & Whitney 127M:

Para este motor la ecuación cambia (ecuación 10), dado que el motor turbohélice no genera fuerza de empuje si no potencia al eje conocido como SHP (Shaft Horse Power).

$$SN = 187(rO)^{-0.168} \quad (10)$$

Dónde: SN = Numero de Smoke

rO = Rated Output (Salida Nominal) en Kilowatts.

$$rO = 2750 \text{ SHP} = 2050.67 \text{ Kilowatts}$$

$$SN = 187(2050.67)^{-0.168}$$

$$SN = 51.93$$

Como se puede observar el Número de Smoke para los dos motores turbofan, se encuentran bajo el rango permitido (menor o igual que 50), pero para el motor turbohélice no. Para interpretar estos números de smoke, se debe remitir a la ecuación mencionada en la sección 3.6.1.1, donde se hace referencia al documento de la EPA 40 CFR; esta ecuación también es mencionada en el anexo 16 volumen II, 2008, AP 2-6, indicando el cálculo del índice de humo (ecuación 11).

$$SN = 100 \left(1 - \frac{R_S}{R_W} \right) \quad (11)$$

Donde: SN= Numero de Smoke

R_S = Reflexión del gas de escape (coeficiente)

R_W = Reflexión del aire limpio (coeficiente del filtro limpio)

Teniendo en cuenta los valores hallados y despejando R_S/R_W , para el motor turbofan CFM56-5B, se tiene:

$$\frac{R_S}{R_W} = 1 - \frac{SN}{100}$$

Reemplazando;

$$SN = 21.48$$

$$\frac{R_S}{R_W} = 1 - \frac{21.48}{100}$$

$$\frac{R_S}{R_W} = 0.78 \quad , \quad R_S = 0.78 R_W$$

Este valor indica que si se utilizara un reflexómetro para medir las reflexiones de la luz en el gas de escape con respecto a las del aire limpio; la reflexión absoluta del filtro manchado del reflexómetro por el gas (R_s) sería el 78% de la reflexión del aire limpio, lo que indica que este 78% es el valor de la reflexión solar por radiación que regresa inmediatamente al espacio; el 22% restante es absorbido por la superficie de la tierra (este último es el que genera calentamiento global).

Para el motor turbofan RR Trent 700, tenemos:

$$SN = 17.51$$

$$\frac{R_s}{R_w} = 1 - \frac{17.51}{100}$$

$$\frac{R_s}{R_w} = 0.82 \quad , \quad R_s = 0.82 R_w$$

Este valor indica que si se utilizara un reflexómetro para medir las reflexiones de la luz en el gas de escape con respecto a las del aire limpio; la reflexión absoluta del filtro manchado del reflexómetro por el gas (R_s) sería el 82% de la reflexión del aire limpio, lo que indica que este 82% es el valor de la reflexión solar por radiación que regresa inmediatamente al espacio; el 18% restante es absorbido por la superficie de la tierra (este último es el que genera calentamiento global).

Para el motor turbohélice Pratt & Whitney 127M, tenemos:

$$SN = 51.93$$

$$\frac{R_s}{R_w} = 1 - \frac{51.93}{100}$$

$$\frac{R_s}{R_w} = 0.48 \quad , \quad R_s = 0.48 R_w$$

Este valor indica que si se utilizara un reflexómetro para medir las reflexiones de la luz en el gas de escape con respecto a las del aire limpio; la reflexión absoluta del filtro manchado del reflexómetro por el gas (R_s) sería el 48% de la reflexión del aire limpio, lo que indica que este 48% es el valor de la reflexión solar por radiación que regresa inmediatamente al espacio; el 52% restante es absorbido por la superficie de la tierra (este último es el que genera calentamiento global).

Con respecto a los valores calculados anteriormente para los tres motores, el motor turbohélice Pratt & Whitney 127M, genera cantidades significativas de materias carbonosas, las cuales están contenidas en sus emisiones de gases de escape, estas emisiones obstaculizan la transmisión de la luz y ocasionan calentamiento global en los porcentajes mencionados. Se debe tener en cuenta que el valor mínimo permitido por la ICAO es el 50% de la reflexión absoluta del filtro manchado del reflexómetro por el gas (R_s), designado como un Número de Smoke de 50.

La figura 32 muestra los motores a analizar con respecto a los números de smoke que se obtuvieron para cada uno de ellos; también se indica el límite de la ICAO mediante una línea de color rojo, donde se observa que el motor que no cumple esta norma es el motor turbohélice PW 127 M.

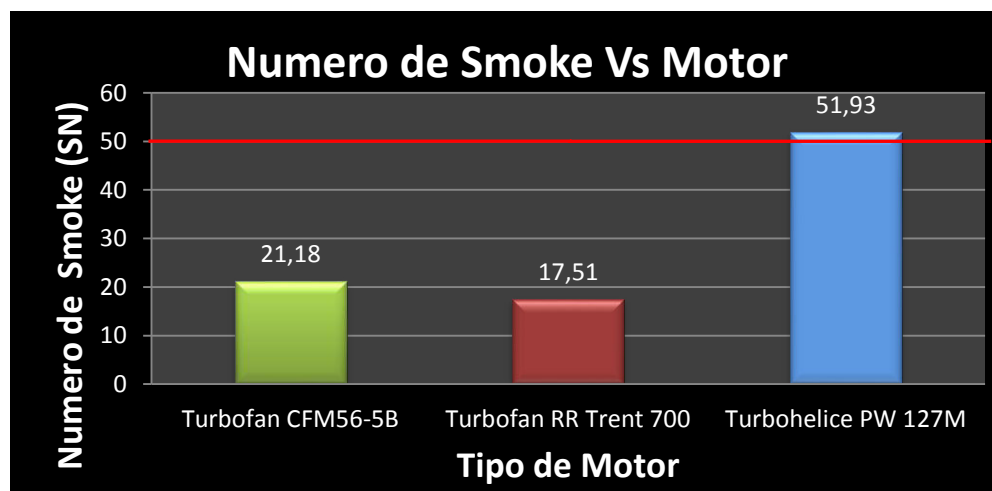


Figura 33. Números de smoke Vs tipos de motor. Elaborada por los Autores

6.2.1.2 Cálculo de las emisiones gaseosas reglamentarias para los motores según la ICAO. Los niveles reglamentarios de las emisiones gaseosas según la ICAO, se encuentran para las emisiones gaseosas de Hidrocarburos sin quemar (HC), Monóxido de carbono (CO) y Óxidos de nitrógeno (NO_x). Estos niveles que se determinen, no podrán superar los niveles reglamentarios estipulados en el anexo 16 volumen II, 2008, p III 2-3; los cuales son:

- Monóxido de Carbono (CO): 118 grams/kilonewtons
- Hidrocarburos sin quemar (HC): 19.6 grams/kilonewtons
- Óxidos de Nitrógeno (NO_x): Según la fecha de fabricación y el empuje nominal máximo del motor.

El cálculo de los niveles reglamentarios está definido como la relación existente entre la masa del gas contaminante emitido durante el ciclo de referencia de aterrizaje y despegue (LTO) para las emisiones, con respecto al empuje nominal del motor en su fase de despegue (ecuación 12).

$$\frac{D_p}{F_{00}} \quad (12)$$

Dónde: D_p = Masa del gas contaminante en gramos.

F_{00} = Empuje Nominal del motor en Kilonewtons.

6.2.1.2.1 Cálculo de la relación D_p/F_{00} para el Monóxido de carbono (CO) del motor Turbofan CFM56-5B. Para determinar esta relación es indispensable tener los siguientes parámetros según la ficha técnica:

$$F_{00} = 142.336 \text{ KN}$$

$$\text{Consumo específico de combustible al despegue (SFC)} = 0.040 \text{ Kg/N h}$$

La determinación de la masa del gas contaminante en gramos se realiza mediante la ecuación 13, según ICAO anexo 16 volumen II, 2008, p AP 3-13 :

$$D_p = EI \cdot W_f \cdot t \quad (13)$$

Dónde: D_p = Masa del gas contaminante en gramos.

EI= Índice de emisión del gas contaminante CO en $gr_{CO} / Kg_{combustible}$

W_f = Gasto o flujo de masa de combustible en Kg/min

t =Tiempo en la modalidad LTO en minutos, para este caso la fase carreteo-salida (ver tabla 3).

El índice de emisión del gas contaminante (EI), para el CO se determinó con el equipo GAS ALERT MAX XT, el cual entrega los datos en partículas por millón (ppm); estos datos se promediaron, teniendo en cuenta que el tiempo empleado fue el de las fases y regímenes del motor para la determinación de los índices de contaminación en el entorno de aeropuertos (Martin Cuesta Álvarez, Motores de Reacción, 2001, p 535). La fase empleada fue carreteo – salida, cuyo tiempo empleado en la prueba es de 5 minutos y el porcentaje del empuje máximo es del 7% (ver tabla 3). Para el cálculo del gasto o flujo de masa de combustible (W_f), se utiliza la ecuación 14.

$$W_f = SFC \cdot F \quad (14)$$

Dónde: W_f = Gasto o flujo de masa de combustible en Kg/min

SFC= Consumo específico de combustible típico propio del modelo del motor en Kg/Nh

F= Empuje del motor en la fase empleada en Kilonewtons.

El valor del empuje F será entonces igual según la tabla 3 al 7% de F_{00} ; dando como resultado $F = (0.07)(142336 \text{ N}) = 9963.5 \text{ N}$, en la fase carreteo – salida y el valor de SFC para este motor es de 0.040 Kg/N h, mencionado anteriormente.

Reemplazando en la ecuación de 14 se tiene;

$$W_f = \left(0.040 \frac{\text{Kg}}{\text{Nh}}\right) (9963.5 \text{ N})$$

$W_f = 398.54 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$, para pasar el valor a Kg/ min hacemos la siguiente conversión:

$$W_f = 398.54 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \cdot \frac{1\text{h}}{60 \text{ min}}$$

$W_f = 6.642 \frac{\text{Kg}}{\text{min}}$, Gasto o flujo de masa de combustible

El índice de emisión del gas contaminante CO, es leído por el equipo en partículas por millón, este valor es equivalente a los gramos de CO por Kilogramo de combustible inyectado en la cámara de combustión; es decir:

$$1 \text{ ppm de CO} = 1 \frac{\text{gramo}_{\text{CO}}}{\text{Kilogramo}_{\text{combustible}}} \quad (15)$$

Para este motor se promediaron los siguientes datos (ver tabla 12), extraídos del Anexo L donde se encuentran los valores que arrojó el equipo GAS ALERT MAX XT.; se debe tener en cuenta que el equipo se encuentra calibrado para que tome datos cada 15 segundos, esto es conveniente para el promedio de datos y la obtención de valores reales.

Tabla 12. Datos de partículas por millón (ppm) del CO, tomados del equipo GAS ALERT MAX XT para el motor CFM565B

N° Prueba-Motor	Tiempo	PPM (CO)	Promedio
1	5 min	10	23.47
		11	
		14	
		20	
		21	
		22	
		23	
		26	
		25	
		23	
		21	
		22	
		26	
		30	
		28	
		2	
26			
25			
23			
19			
17			
18			
19			
20			
22			
25			

Tabla 12 (continua)

N° Prueba-Motor	Tiempo	PPM (CO)	Promedio	
		24		
		29		
		28		
		19		
		26		
		28		
		25		
		28		
		30		
		32		
3	5 min	20	32.40	
		16		
		12		
		9		
		11		
		19		
		29		
		34		
		37		
		39		
		38		
		35		
		36		
		38		
		41		
		44		
		45		
		47		
		46		
		44		
		41		

Tabla 12 (continua)

Nº Prueba-Motor	Tiempo	PPM (CO)	Promedio
		32	
4	5 min	21	29.91
		14	
		20	
		25	
		29	
		33	
		35	
		34	
		33	
		32	
		29	
		27	
		29	
		31	
		30	
		31	
		32	
		34	
		35	
		33	
34			
35			
33			
29			
Promedio Total Para Los 4 Motores			27.52

Fuente. Elaborada por los Autores

Como se mencionó el índice de emisión del gas contaminante CO, es medido por el equipo en partículas por millón. El valor promediado para los cuatro motores es entonces de 27.52 ppm,

este valor es equivalente a 27.52 g(CO)/Kg (comb); este valor con estas unidades será tomado como el índice de emisión del gas CO.

Con los valores anteriormente hallados se obtiene la masa del gas CO, estos valores se introducen en la ecuación 13.

Reemplazando se tiene;

$$EI= 27.52 \text{ g(CO)/Kg (comb)}$$

$$W_f= 6.642 \text{ Kg/min}$$

$$t= 5 \text{ min}$$

$$D_p = \left(27.52 \frac{\text{g}_{CO}}{\text{Kg}_{comb}} \right) \left(6.642 \frac{\text{Kg}}{\text{min}} \right) (5 \text{ min})$$

$$D_p = 913.93 \text{ g}_{CO} \text{ , Gramos de Oxido de carbono (CO) producidos.}$$

Con este valor se calcula la relación D_p/F_{00} , teniendo en cuenta que el valor de F_{00} será el valor en la fase carreteo – salida , el cual como se mencionó anteriormente fue de 9963.5 N, es decir 9.9635 KN.

$$\frac{D_p}{F_{00}} = \frac{913.93 \text{ g}_{CO}}{9.9635 \text{ KN}} = 91.72 \frac{\text{g}_{CO}}{\text{KN}}$$

Este valor para el motor Turbofan CFM 56-5B se encuentra dentro de los niveles reglamentarios dados en el anexo 16 volumen II, 2008, p III 2-3; teniendo en cuenta que para el Monóxido de Carbono (CO), no se puede superar 118 grams/kilonewtons. Esto indica que dicho motor cumple con la reglamentación internacional.

6.2.1.2.2 Cálculo de la relación D_p/F_{00} para el Monóxido de carbono (CO) del motor Turbofan RR Trent 700.El procedimiento que se siguió para el cálculo de la relación, fue el mismo que para el motor CFM 56-5B ya que las ecuaciones son las mismas, lo que cambian son

los parámetros propios del motor y las mediciones en ppm, las cuales son entregadas por el equipo analizador de gases.

Para determinar la relación es indispensable tener los siguientes parámetros según la ficha técnica:

$$F_{00} = 300.300 \text{ KN}$$

$$\text{Consumo específico de combustible al despegue (SFC)} = 0.0563 \text{ Kg/N h}$$

La fase para el cálculo sigue siendo carreteo – salida, cuyo tiempo empleado en la prueba es de 5 minutos y el porcentaje del empuje máximo es del 7% (ver tabla 3).

El valor del empuje F será entonces igual según la tabla 3 al 7% de F_{00} ; dando como resultado $F = (0.07)(300300 \text{ N}) = 21021 \text{ N}$, en la fase carreteo – salida y el valor de SFC para este motor es de 0.0563 Kg/N h, mencionado anteriormente.

Reemplazando en la ecuación de 14 se tiene;

$$W_f = \left(0.0563 \frac{\text{Kg}}{\text{Nh}}\right) (21021 \text{ N})$$

$$W_f = 1183.48 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}, \text{ para pasar el valor a Kg/ min hacemos la siguiente conversión:}$$

$$W_f = 1183.48 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$W_f = 19.72 \frac{\text{Kg}}{\text{min}}, \text{ Gasto o flujo de masa de combustible}$$

Para este motor se promediaron los siguientes datos (ver tabla 13), extraídos del Anexo L donde se encuentran los valores que arrojó el equipo GAS ALERT MAX XT.

Tabla 13. Datos de partículas por millón (ppm) del CO, tomados del equipo GAS ALERT MAX XT para el motor RR Trent 700.

N° Prueba-Motor	Tiempo	PPM (CO)	Promedio
1	5 min	5	23.42
		17	
		32	
		38	
		34	
		39	
		38	
		25	
		25	
		27	
		25	
		34	
		13	
		9	
		5	
		10	
		14	
		19	
		2	
22			
22			
27			
32			
26			
24			
30			
26			

Tabla 13 (continua)

N° Prueba-Motor	Tiempo	PPM (CO)	Promedio
		16	
		14	
		5	
		8	
		14	
		21	
		22	
		19	
		17	
		20	
		23	
		25	
		29	
		24	
		25	
		22	
		20	
		19	
		18	
		17	
		19	
		23	
		25	
		26	
		28	
		32	
		35	
3	5 min	31	25
		26	
		28	

Tabla 13 (continua)

N° Prueba-Motor	Tiempo	PPM (CO)	Promedio
		30	
		26	
		22	
		27	
		30	
		29	
		25	
		23	
		25	
		28	
		25	
		22	
		17	
		14	
		11	
		7	
		9	
		11	
		19	
		29	
		34	
		37	
		38	
		35	
		36	
		38	
		35	
4	5 min		25.16
Promedio Total Para Los 4 Motores			23.43

Fuente. Elaborada por los Autores

El valor promediado para los cuatro motores es entonces de 23.43 ppm, este valor es equivalente a 23.43 g(CO)/Kg (comb); este valor con estas unidades será tomado como el índice de emisión del gas CO.

Con los valores anteriormente hallados se obtiene la masa del gas CO, estos valores se introducen en la ecuación de 13.

Reemplazando se tiene;

$$EI= 23.43 \text{ g(CO)/Kg (comb)}$$

$$W_f= 19.72 \text{ Kg/min}$$

$$t= 5 \text{ min}$$

$$D_p = \left(23.43 \frac{g_{CO}}{Kg_{comb}}\right) \left(19.72 \frac{Kg}{min}\right) (5 \text{ min})$$

$$D_p = 2310.19 \text{ g}_{CO} \text{ , Gramos de Oxido de carbono (CO) producidos.}$$

Con este valor se calcula la relación D_p/F_{00} , teniendo en cuenta que el valor de F_{00} será el valor en la fase carreteo – salida , el cual como se mencionó anteriormente fue de 21021 N, es decir 21.021 KN.

$$\frac{D_p}{F_{00}} = \frac{2310.19 \text{ g}_{CO}}{21.021 \text{ KN}} = 109.89 \frac{g_{CO}}{KN}$$

Este valor para el motor turbofan RRTrent 700se encuentra dentro de los niveles reglamentarios dados en el anexo 16 volumen II, 2008, p III 2-3; teniendo en cuenta que para el Monóxido de Carbono (CO), no se puede superar 118 grams/kilonewtons. Esto indica que dicho motor cumple con la reglamentación internacional.

6.2.1.2.3 Cálculo de la relación D_p/F_{00} para el Monóxido de carbono (CO) del motor Turbohélice PW 127M. Para el motor turbohélice la fuerza de empuje nominal (F_{00}) en

Kilonewtons, cambia a potencia de empuje dada en Kilowatts. Las ecuaciones para determinar la relación D_p/F_{00} son las mismas bajo el mismo procedimiento.

Para determinar la relación es indispensable tener los siguientes parámetros según la ficha técnica:

$$F_{00} = P_{\max} = 2750 \text{ SHP} = 2050.67 \text{ Kilowatts}$$

$$\text{Consumo específico de combustible al despegue (SFC)} = 0.295 \text{ Kg/Kwh}$$

La fase para el cálculo sigue siendo carreteo – salida, cuyo tiempo empleado en la prueba es de 5 minutos y el porcentaje de potencia máxima es del 7% (ver tabla 3).

El valor de la potencia será entonces igual según la tabla 3 al 7% de la potencia máxima (P_{\max}), dando como resultado, $F = P = (0.07)(2050.67 \text{ KW}) = 143.54 \text{ KW}$, en la fase carreteo – salida y el valor de SFC es de 0.295 Kg/Kwh, mencionado anteriormente.

Para este motor en particular se debe tener en cuenta que los experimentos han demostrado que una hélice de tipo medio produce un empuje de 8.5 N por KW de potencia aportada en condiciones estáticas que para el presente estudio sería la condición o modo ralentí. (Saravanamuttoo, H., Rogers, G. y Cohen, H., 2001). Este valor se utiliza para convertir la potencia a empuje; de la siguiente manera:

$$F = (143.54 \text{ KW}) \left(\frac{8.5 \text{ N}}{1 \text{ KW}} \right) = 1220.09 \text{ N} = 1.22 \text{ KN} \quad (16)$$

Reemplazando en la ecuación de 14 se tiene;

$$W_f = \left(0.295 \frac{\text{Kg}}{\text{Kwh}} \right) (143.54 \text{ KW})$$

$$W_f = 42.34 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}, \text{ para pasar el valor a Kg/ min hacemos la siguiente conversión:}$$

$$W_f = 42.34 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$W_f = 0.705 \frac{Kg}{min}, \text{ Gasto o flujo de masa de combustible}$$

Para este motor se promediaron los siguientes datos (ver tabla 14), extraídos del AnexoM donde se encuentran los valores que arrojó el equipo GAS ALERT MAX XT.

Tabla 14. Datos de partículas por millón (ppm) del CO, tomados del equipo GAS ALERT MAX XT para el motor PW 127M

Nº Prueba-Motor	Tiempo	PPM (CO)	Promedio
1	5 min	25	33,74
		31	
		30	
		31	
		27	
		22	
		29	
		34	
		41	
		41	
		47	
		38	
		35	
		38	
		43	
		39	
		43	
43			
4			
2	5 min	66	57,57
		67	
		65	
		64	
		79	
		68	

Tabla 14 (continua)

N° Prueba-Motor	Tiempo	PPM (CO)	Promedio	
		71		
		62		
		59		
		64		
		65		
		52		
		55		
		51		
		44		
		47		
		46		
		42		
		46		
		51		
		52		
		53		
		55		
3	5 min	11	35,36	
		19		
		29		
		34		
		37		
		39		
		38		
		35		
		36		
		38		
		41		
		44		
		45		

Tabla 14 (continua)

N° Prueba-Motor	Tiempo	PPM (CO)	Promedio
		47	
		46	
		44	
		41	
		32	
		29	
		33	
		31	
		29	
4	5 min	46	61,30
		55	
		61	
		62	
		58	
		63	
		68	
		72	
		66	
		61	
		58	
		55	
		62	
		65	
		63	
		59	
		61	
		64	
		65	
		64	
		60	

Tabla 14 (continua)

N° Prueba-Motor	Tiempo	PPM (CO)	Promedio
		62	
		60	
Promedio Total Para Los 4 Motores			46,99

Fuente. Elaborada por los Autores

El valor promediado para los cuatro motores es entonces de 46.99 ppm, este valor es equivalente a 46.99 g(CO)/Kg (comb); este valor con estas unidades será tomado como el índice de emisión del gas CO.

Con los valores anteriormente hallados se obtiene la masa del gas CO, estos valores se introducen en la ecuación de 13.

Reemplazando se tiene;

$$EI = 46.99 \text{ g (CO)/Kg (comb)}$$

$$W_f = 0.705 \text{ Kg/min}$$

$$t = 5 \text{ min}$$

$$D_p = \left(46.99 \frac{\text{g}_{CO}}{\text{Kg}_{comb}} \right) \left(0.705 \frac{\text{Kg}}{\text{min}} \right) (5 \text{ min})$$

$$D_p = 165.63 \text{ g}_{CO} \text{ , Gramos de Oxido de carbono (CO) producidos.}$$

Con este valor se calcula la relación D_p/F_{00} , teniendo en cuenta que el valor de F_{00} será el valor en la fase carreteo – salida; dicho valor inicialmente se da en unidades de potencia de empuje (Kilowatts) pero debe ser convertido a unidades de empuje (Kilonewtons). Este procedimiento realizado anteriormente da como resultado; $F = 1.22 \text{ KN}$ (ecuación 16).

Reemplazando en la ecuación 12 se tiene;

$$\frac{D_p}{F_{00}} = \frac{165.63 \text{ g}_{CO}}{1.22 \text{ KN}} = 135.76 \frac{\text{g}_{CO}}{\text{KN}}$$

Este valor para el motor turbohélice PW 127M **no** se encuentra dentro de los niveles reglamentarios dados en el anexo 16 volumen II, 2008, p III 2-3; teniendo en cuenta que para el Monóxido de Carbono (CO), no se puede superar 118 grams/kilonewtons. Esto indica que dicho motor **no** cumple con la reglamentación internacional.

Con respecto a los valores calculados anteriormente para los tres motores, el motor turbohélice Pratt & Whitney 127M, genera cantidades significativas de Monóxido de Carbono (CO) ocasionando de esta manera contaminación ambiental en el Aeropuerto El Dorado.

La figura 34, muestra los motores a analizar con respecto a los valores de la relación D_p/F_{00} para el Monóxido de Carbono (CO) que se obtuvieron para cada uno de ellos; también se indica el límite de la ICAO mediante una línea de color rojo, donde se observa que el motor que no cumple esta norma es el motor turbohélice PW 127 M.

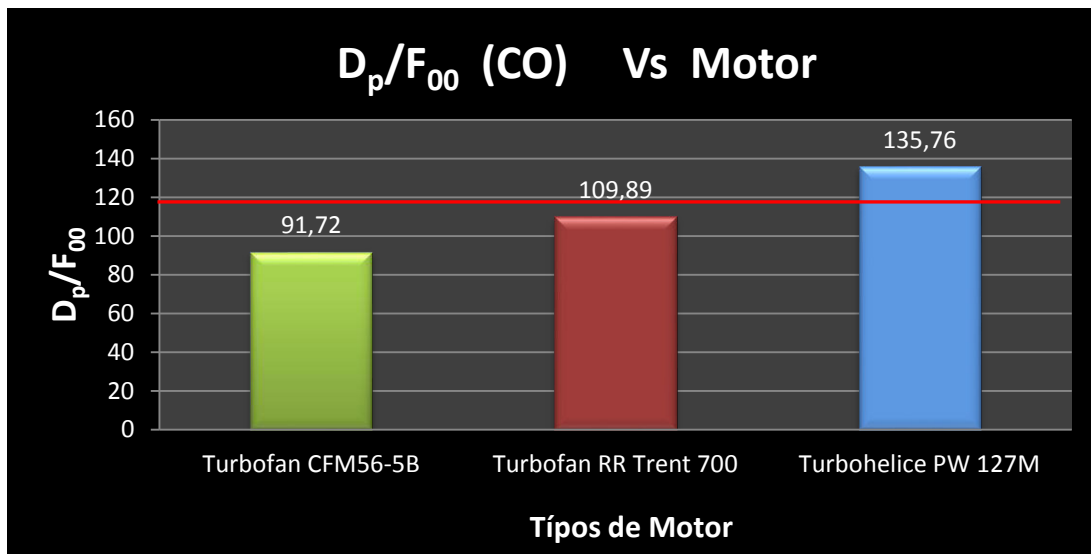


Figura 34. D_p/F_{00} para el CO Vs tipos de motor. Elaborada por los Autores

6.2.1.2.4 Cálculo de la relación D_p/F_{00} para los Hidrocarburos sin quemar (HC) en los tres motores del estudio. Para el cálculo de la relación D_p/F_{00} para los hidrocarburo sin quemar, el equipo GAS ALERT MAX XT fue calibrado para que detectara emisiones de metano (CH_4)

LEL; dando como resultado en la toma de datos para los tres motores un valor de 0 % v/v (Ver anexos L y M). Esto indica que al generarse la combustión en la cámara de los motores, la combustión es completa y no aparecen hidrocarburos sin quemar del tipo CH₄ en las toberas.

Sin embargo debe resaltarse que el equipo GAS ALERT MAX XT, detecta emisiones de metano y que probablemente para estos motores se generen otros hidrocarburos sin quemar. Por tal motivo se referencia en el anexo N, la base de datos de la ICAO en cuanto a las emisiones de los motores de los aviones (ICAO Aircraft Engine Emissions Databank), la cual se puede obtener de la página de la Agencia de Seguridad Aérea Europea (EASA) (<http://easa.europa.eu/document-library/icao-aircraft-engine-emissions-databank>). En esta base de datos se encuentran las mediciones en cuanto a gases contaminantes realizadas a todos los tipos de motores turbofan para Europa. Para los dos motores turbofan se extrajeron los siguientes datos promedio de D_p/F_{00} de la base para las mediciones de Hidrocarburos sin quemar (HC); la base no incluye mediciones en motores turbohélice.

- Motor turbofan CFM 56 – 5B3/3: 1.43 gr_{HC} / KN
- Motor turbofan RR Trent 768: 2.7 gr_{HC} / KN

Con estos valores se puede observar que las emisiones de estos motores son muy bajas con respecto al límite reglamentado por la ICAO de 19.6 gr_{HC} / KN.

Para el motor turbohélice se asume el valor arrojado por el equipo GAS ALERT MAX XT, en donde es metano el hidrocarburo sin quemar; dicho valor es de $0 \frac{g_{HC}}{Kg_{comb}}$ dando como resultado también un valor de $D_p/F_{00} = 0$ gr_{HC} / KN. Esto indica que las demás concentraciones de hidrocarburos sin quemar también son demasiado bajas si llegan a existir y que nunca sobrepasaran el límite reglamentado por la ICAO.

La figura 35 muestra los motores a analizar con respecto a los valores de la relación D_p/F_{00} para los Hidrocarburos sin quemar (HC). Dichos valores son los obtenidos a partir de la base de datos de la ICAO en cuanto a las emisiones de los motores de los aviones, exceptuando el motor turbohélice ya que para este se tomó el valor de $D_p/F_{00} = 0 \text{ gr}_{\text{HC}} / \text{KN}$; también se indica el límite de la ICAO, donde se observa que las emisiones de HC se encuentran muy por debajo del límite reglamentario. Se puede afirmar que todos cumplen con la norma.

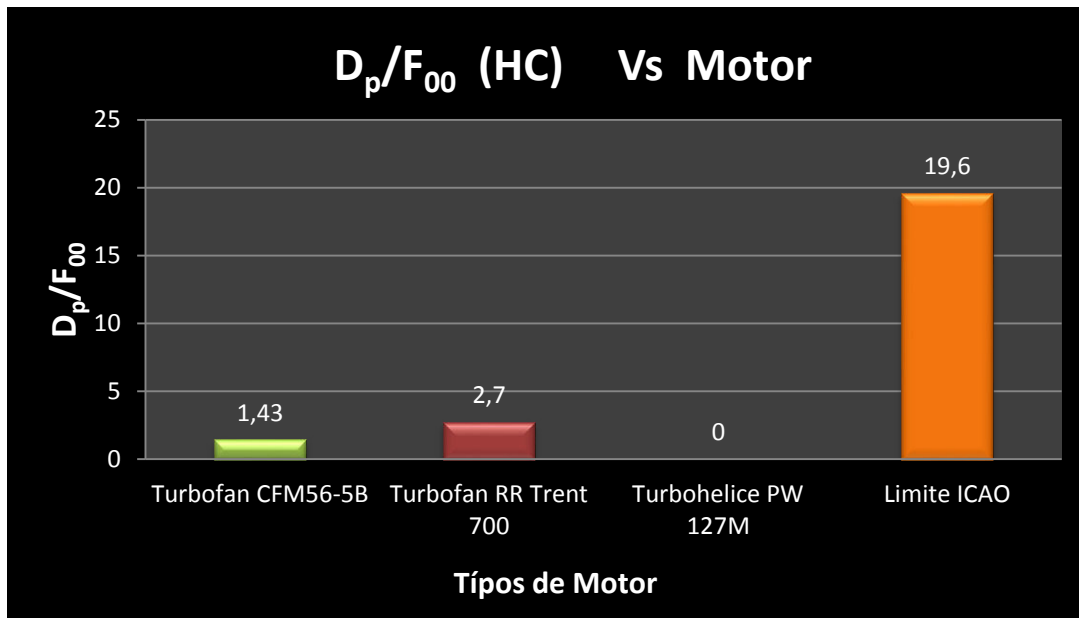


Figura 35. D_p/F_{00} para el HC Vs tipos de motor. Elaborada por los Autores

6.2.1.2.5 Cálculo de la relación D_p/F_{00} para los Óxidos de Nitrógeno (NOx) del motor Turbofan CFM56-5B. El analizador de gases GAS ALERT MAX XT, no se pudo utilizar ya que dicho equipo no detecta contenidos de Óxidos de Nitrógeno. Por tal motivo el procedimiento es el siguiente:

Para el cálculo de la relación en cuanto a los gases contaminantes de Óxidos de Nitrógeno, la norma según la ICAO establece los niveles reglamentarios a partir de las fechas de fabricación de los primeros modelos de los motores, teniendo como base del cálculo la relación de presión del motor a analizar.

Los motores CFM56-5B, utilizados en los aviones de la compañía Avianca, son motores nuevos comprados la gran mayoría en Noviembre del 2010. La norma de la ICAO fija 12 niveles reglamentarios(anexo 16 volumen II, 2008, p III 2-4); el nivel que más se ajusta a este motor es el siguiente, teniendo en cuenta que la relación de presión del motor es de $\pi_{00} = 32.6$ y $F_{00} = 142.336$ KN.

- Para los motores de un tipo o modelo cuya fecha de fabricación del primer modelo individual sea posterior al 31 de Diciembre de 2007.

- Motores con relación de presión(π_{00}) de más de 30 pero menos de 82.6.
- Motores con empuje nominal máximo (F_{00}) de más de 89 KN (ecuación 16).

$$\frac{D_p}{F_{00}} = -1.04 + (2 \cdot \pi_{00}) \quad (17)$$

Reemplazando se tiene;

Relación de presión del motor: $\pi_{00} = 32.6$

$$\frac{D_p}{F_{00}} = -1.04 + (2 \cdot 32.6)$$

$$\frac{D_p}{F_{00}} = 64.16 \frac{g_{NO_x}}{KN}$$

Este valor es el nivel reglamentario según la ICAO para el motor CFM56-5B.

Debido a que el equipo analizador de gases no detecta contenidos de Óxidos de Nitrógeno, se procedió a utilizar la base de datos de la ICAO en cuanto a las emisiones de los motores de los aviones (ICAO Aircraft Engine Emissions Databank), con el fin de realizar un comparativo real. En esta base de datos para el motor CFM 56 – 5B3/3, el valor de D_p/F_{00} para los Óxidos de Nitrógeno (NO_x), es de $48.3g_{NO_x} / KN$. La figura 36 muestra el comparativo, en donde se observa que este motor se encuentra dentro del límite establecido por la ICAO.

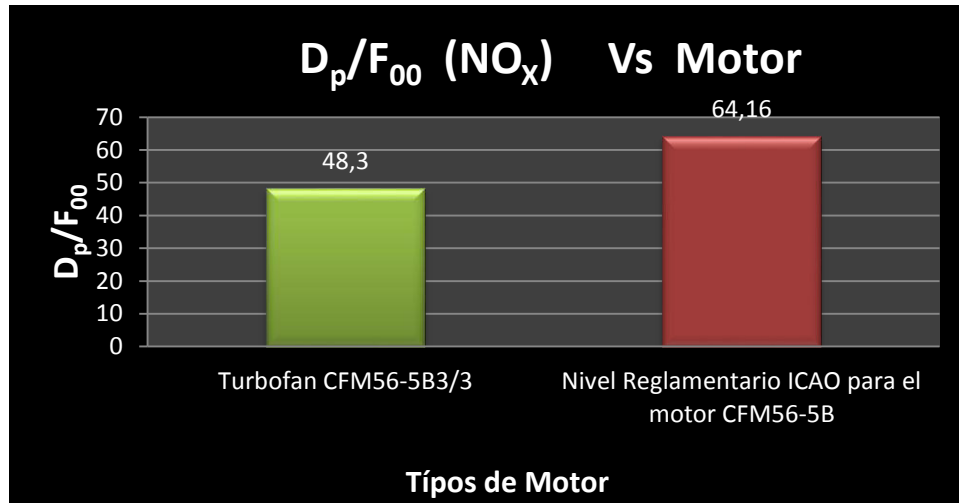


Figura 36. D_p/F_{00} para el NO_x Vs tipos de motor. Elaborada por los Autores

6.2.1.2.6 Cálculo de la relación D_p/F_{00} para los Óxidos de Nitrógeno (NO_x) del motor Turbofan RR Trent 700. El procedimiento para el cálculo de la relación es el mismo que se siguió para el motor CFM 56 – 5B.

Los motores RR Trent 700, utilizados en los aviones de la compañía Avianca, son motores nuevos. El último motor de este tipo fue comprado en Enero de 2013. La norma de la ICAO fija 12 niveles reglamentarios (anexo 16 volumen II, 2008, p III 2-4); el nivel que más se ajusta a este motor es el siguiente, teniendo en cuenta que la relación de presión del motor es de $\pi_{00} = 34$ y $F_{00} = 300.300$ KN.

- Para los motores de un tipo o modelo cuya fecha de fabricación del primer modelo individual sea posterior al 31 de Diciembre de 2007.
- Motores con relación de presión (π_{00}) de más de 30 pero menos de 82.6.
- Motores con empuje nominal máximo (F_{00}) de más de 89 KN (ecuación 17).

$$\frac{D_p}{F_{00}} = -1.04 + (2 \cdot \pi_{00})$$

Reemplazando en la ecuación 17 se tiene;

Relación de presión del motor: $\pi_{00} = 34$

$$\frac{D_p}{F_{00}} = -1.04 + (2 \cdot 34)$$

$$\frac{D_p}{F_{00}} = 66.96 \frac{g_{NO_x}}{KN}$$

Este valor es el nivel reglamentario según la ICAO para el motor RR Trent 700.

Debido a que el equipo analizador de gases no detecta contenidos de Óxidos de Nitrógeno, se procedió a utilizar la base de datos de la ICAO en cuanto a las emisiones de los motores de los aviones (ICAO Aircraft Engine Emissions Databank), con el fin de realizar un comparativo real. En esta base de datos para el motor RR Trent 768, el valor de D_p/F_{00} para los Óxidos de Nitrógeno (NO_x), es de $52.2 \text{ g}_{NO_x} / KN$. La figura 37 muestra el comparativo, en donde se observa que este motor se encuentra dentro del límite establecido por la ICAO.

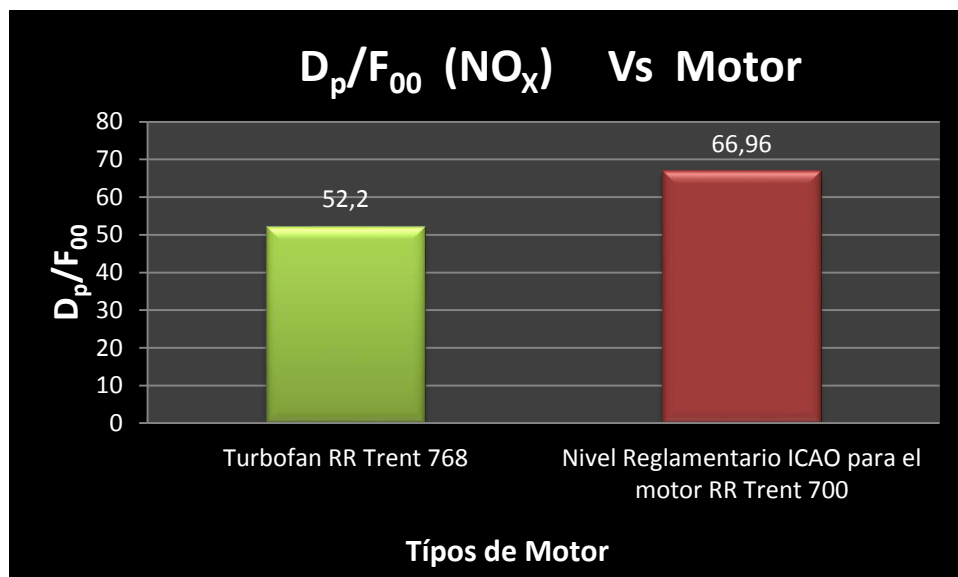


Figura 37. D_p/F_{00} para el NO_x Vs tipos de motor. Autores

6.2.1.2.7 Cálculo de la relación D_p/F_{00} para los Óxidos de Nitrógeno (NO_x) del motor Turbohélice PW 127M. El procedimiento para el cálculo de la relación es el mismo que se siguió para los dos motores turbofan; aunque para este motor no se tienen valores obtenidos a partir de la base de datos de la ICAO en cuanto a las emisiones de los motores de los aviones, se enunciará solamente el límite reglamentario por la ICAO.

Los motores PW 127M, utilizados en los aviones de la compañía Avianca, son motores nuevos. El último motor de este tipo fue comprado en Diciembre de 2013. El nivel reglamentario que se ajusta a este motor es el siguiente (anexo 16 volumen II, 2008, p III 2-3), teniendo en cuenta que no se encuentra limitado al empuje nominal máximo (F_{00}) ni a la relación de presiones (π_{00}).

- Para los motores de tipo o modelo cuya fecha de fabricación para el primer modelo construido es posterior al 31 de Diciembre de 1995 o para los que la fecha de fabricación en cuestión es posterior al 31 de Diciembre de 1999.

$$\frac{D_p}{F_{00}} = 32 + (1.6 \cdot \pi_{00}) \quad (18)$$

Reemplazando en la ecuación 18 se tiene;

Relación de presión del motor: $\pi_{00} = 6$

$$\frac{D_p}{F_{00}} = 32 + (1.6 \cdot 6)$$

$$\frac{D_p}{F_{00}} = 41.6 \frac{g_{NO_x}}{KN}$$

Este valor es el nivel reglamentario según la ICAO para el motor PW 127M (ver figura 38).

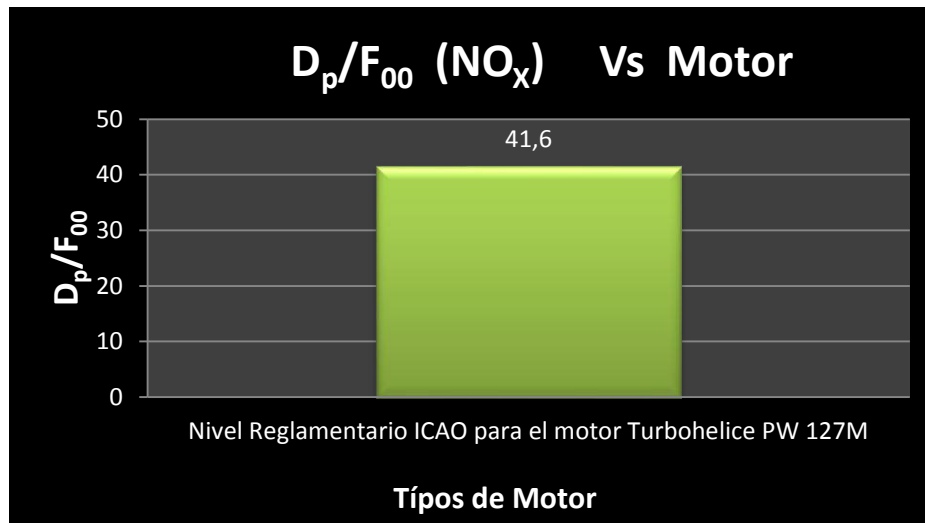


Figura 38. D_p/F_{00} para el NO_x Vs tipos de motor. Elaborado por los Autores

Se debe tener en cuenta que no existen datos del motor PW 127M en la base de la ICAO, ya que en esta solo aparecen los datos de los motores turbofan. Queda entonces abierta la posibilidad para que futuras investigaciones realicen mediciones mediante equipos analizadores de gases que puedan medir concentraciones Óxidos de Nitrógeno (NO_x) y de esta manera hacer las pruebas en el motor turbohélice PW 127M con el fin de realizar el comparativo y definir si este motor genera contaminación ambiental por NO_x.

6.2.1.3 Análisis de las emisiones gaseosas reglamentarias según normas OSHA 29CFR 1910.146 y Resolución 601 del 4 de abril de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

6.2.1.3.1 Análisis de las emisiones gaseosas realizadas en la prueba piloto. Como se mencionó en la sección 6.2.1, se utilizó otro método para analizar el grado de contaminación que generan los gases de escape de los motores a reacción. Este método consiste en analizar los contenidos porcentuales y por partículas por millón (ppm) de dichos gases por medio del equipo Gas Alert Max XT, aplicando posteriormente las normas OSHA y la resolución del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Para la prueba piloto se utilizó el motor turbohélice PT6-A, propiedad de la Fundación Universitaria Los Libertadores; en él mediante el analizador de gases se realizó la toma de datos, teniendo en cuenta que el equipo monitorea 4 gases los cuales son: sulfuro de hidrogeno (H_2S), monóxido de carbono (CO), oxígeno diatómico (O_2) y gas combustible (CH_4).

En este motor se promediaron los siguientes datos (ver tabla 15), extraídos del anexo J donde se encuentran los valores que arrojó el equipo GAS ALERT MAX XT. Para la prueba piloto se realizaron dos tomas de datos cada una de 5min.

Tabla 15. Datos de gases, tomados del equipo GAS ALERT MAX XT para la prueba piloto con el moto PT6-A

N°		PPM	Promedio	PPM	Promedio	Promedio	% (CH_4)	Promedio	
Prueba-	Tiempo	(CO)	PPM(CO)	(H_2S)	PPM (H_2S)	% (O_2)	% (CH_4)	% (CH_4)	
Motor						% (O_2)	% LEL	% LEL	
1	5 min	11	16,76	0	0	20,9	20,9	0	0
		13		0		20,9		0	
		11		0		20,9		0	
		10		0		20,9		0	
		11		0		20,9		0	
		16		0		20,9		0	
		21		0		20,9		0	
		22		0		20,9		0	
		20		0		20,9		0	
		19		0		20,9		0	
		18		0		20,9		0	
		16		0		20,9		0	
		18		0		20,9		0	

Tabla 15 (continua)

N°		PPM	Promedio	PPM	Promedio		Promedio	% (CH ₄)	Promedio
Prueba-	Tiempo	(CO)	PPM(CO)	(H ₂ S)	PPM (H ₂ S)	% (O ₂)	% (O ₂)	% LEL	% (CH ₄)
Motor									% LEL
		17		0		20,9		0	
		16		0		20,9		0	
		15		0		20,9		0	
		17		0		20,9		0	
		21		0		20,9		0	
		20		0		20,9		0	
		21		0		20,9		0	
		19		0		20,9		0	
		12		0		20,9		0	
		15		0		20,9		0	
		25		0		20,9		0	
		35		0		20,9		0	
		31		0		20,9		0	
		29		0		20,9		0	
2	5 min	32	28,46	0	0	20,9	20,9	0	0
		35		0		20,9		0	
		29		0		20,9		0	
		34		0		20,9		0	
		30		0		20,9		0	
		29		0		20,9		0	
		30		0		20,9		0	

Tabla 15 (continua)

N°		PPM	Promedio	PPM	Promedio	% (O ₂)	Promedio	% (CH ₄)	Promedio
Prueba-	Tiempo	(CO)	PPM(CO)	(H ₂ S)	PPM (H ₂ S)	% (O ₂)	% (O ₂)	% LEL	% (CH ₄)
Motor									% LEL
		33		0		20,9		0	
		34		0		20,9		0	
		30		0		20,9		0	
		24		0		20,9		0	
		29		0		20,9		0	
		33		0		20,9		0	
		29		0		20,9		0	
		25		0		20,9		0	
		24		0		20,9		0	
		27		0		20,9		0	
		29		0		20,9		0	
Promedio total para las 2 tomas de datos		22,61		0		20,9		0	

Fuente. Elaborado por los Autores

La resolución N° 601 del 4 de abril de 2006 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; indican los niveles máximos permisibles de los contaminantes atmosféricos. En la tabla 10 se observa que para el monóxido de carbono (CO), el límite permisible es de 8.8 ppm con un tiempo de exposición al gas de 8 horas para una persona y de 35 ppm con un tiempo de exposición al gas de 1 hora para una persona. Los datos promediados para CO, según la tabla 15 muestran que se generan 22.61 ppm, esto indica que el valor se encuentra por debajo si una persona se expone al gas directamente durante una hora; pero estaría muy por encima del límite si una persona se expone al gas durante 8 horas seguidas. Por otra parte las normas OSHA 29CFR 1910.146 las cuales hablan de riesgos atmosféricos en espacios reducidos (ver anexo O), indican que el nivel permisible para 8 horas es de 35 ppm; lo que muestra que el

valor de 22.61 ppm, se encuentra dentro del límite permisible para esta norma. En la figura 39 se observa el comparativo con las dos normas.

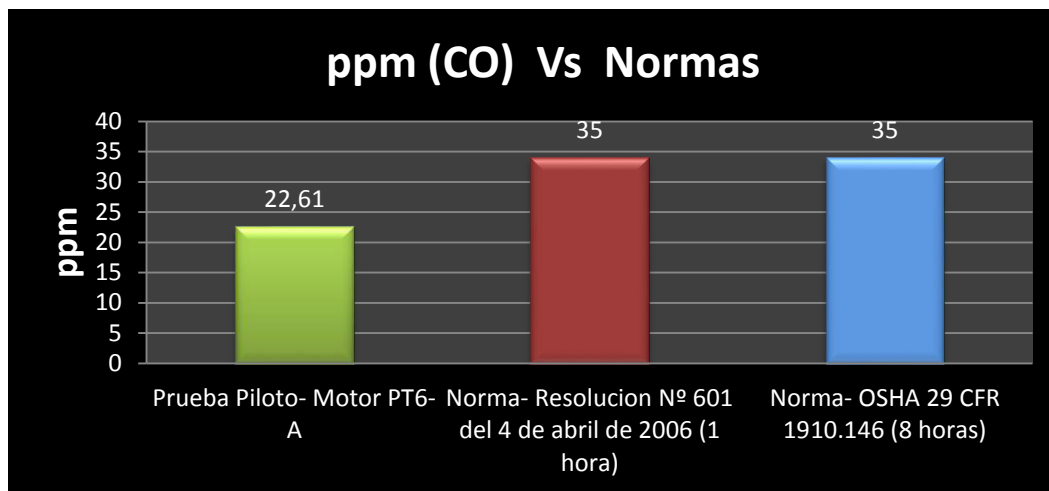


Figura 39. Ppm para el CO con el motor PT6-A (prueba piloto) Vs normas. Elaborada por los Autores

Con respecto al nivel de oxígeno, el valor medido por el equipo fue de 20.9 % indicando un porcentaje normal de este en el ambiente; las normas OSHA 29CFR 1910.146, establecen un intervalo entre 19.5% y 23.5% para concentraciones normales de oxígeno en el aire (ver figura 40).

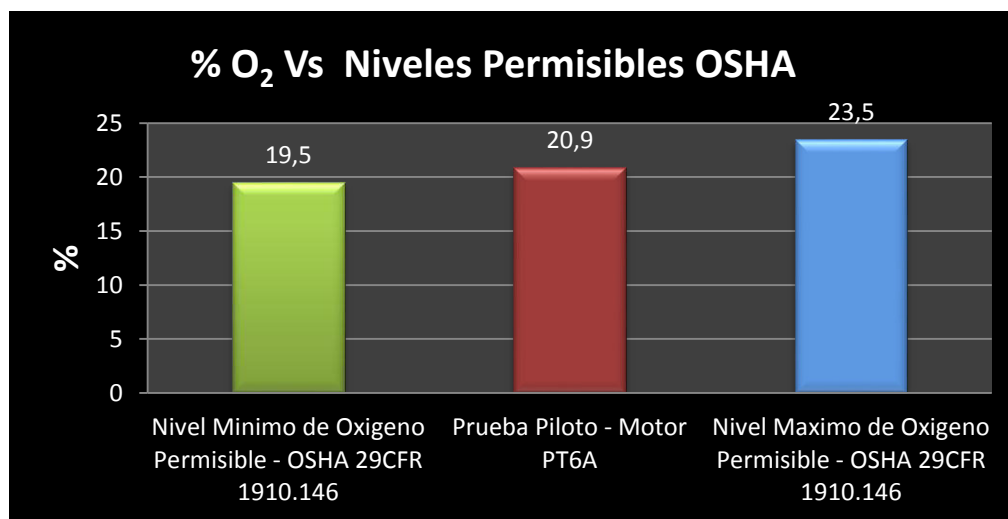


Figura 40. Porcentaje (%) para el O₂ con el motor PT6-A (prueba piloto) Vs niveles permisibles OSHA. Elaborada por los Autores

Para las concentraciones de Sulfuro de Hidrogeno (H_2S), que son medidas en ppm; el equipo analizador de gases mostro una lectura de 0 ppm, lo que indica que no existe presencia de este gas toxico. Las normas OSHA 29CFR 1910.146, establecen un nivel de exposición permisible de 10 ppm, durante 8 horas (ver figura 41).

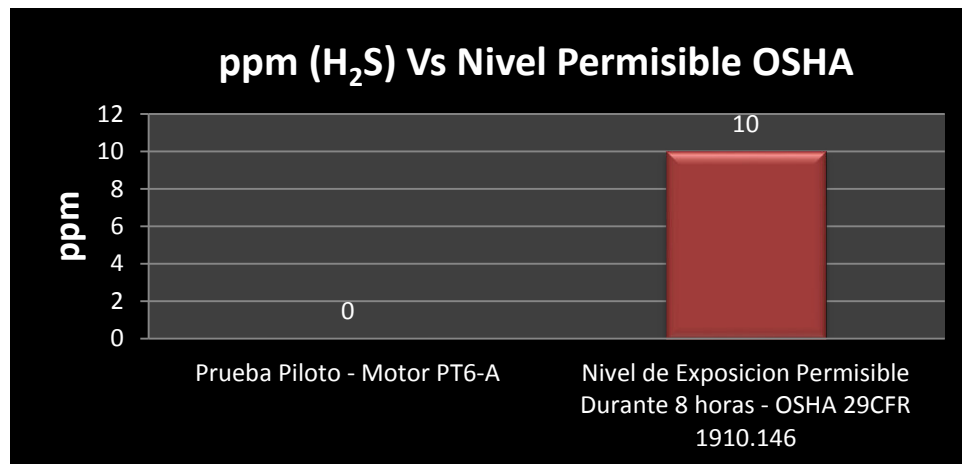


Figura 41. Ppm para el H_2S con el motor PT6-A (prueba piloto) Vs niveles permisibles OSHA. Elaborada por los Autores

Para el gas combustible metano (CH_4), el equipo Gas Alert Max XT detecta las concentraciones mínimas de la mezcla aire/combustible a la que el gas se puede inflamar (LEL). Las concentraciones que se encuentren por debajo de este límite serán demasiado escasas para arder. Como se mencionó en la sección 4.5.2 el LEL del metano es del 5 % en volumen para espacios reducidos (normas OSHA 29CFR 1910.146); sí se alcanza este valor se corre el riesgo de que una chispa provoque una explosión. (OSHA, 2001)

El equipo analizador de gases mostro una lectura para este motor de 0 % v/v de metano, lo que indica que al generarse la combustión en la cámara del motor, la combustión es completa y no aparecen hidrocarburos sin quemar del tipo CH_4 en la tobera (ver figura 42).

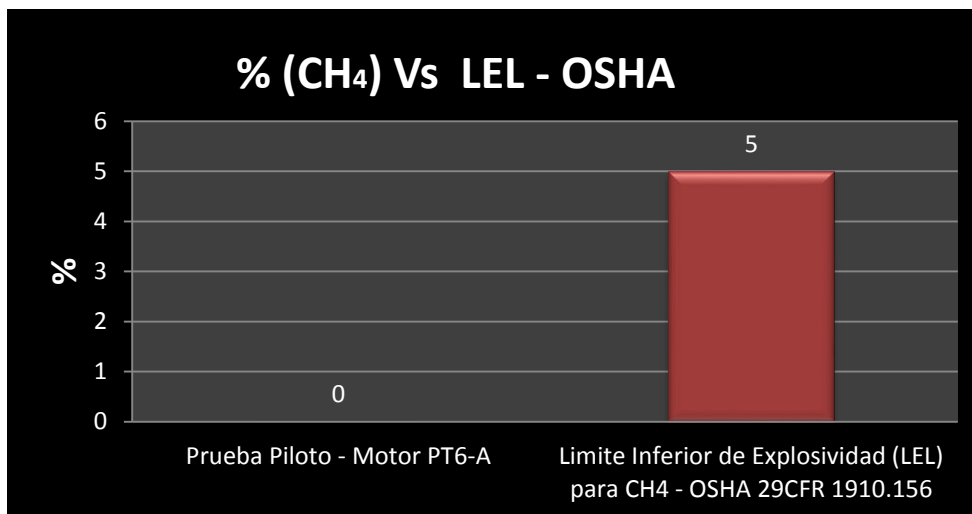


Figura 42. Porcentaje (%) CH₄ con el motor PT6-A (prueba piloto) Vs Límite Inferior de Explosividad (LEL)- OSHA. Elaborada por los Autores

6.2.1.3.2 Análisis de las emisiones gaseosas realizadas en el motor TurbofanCFM56-5B. Aplicando las normas OSHA y la resolución del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial para los datos obtenidos el día de las mediciones con el equipo Gas Alert Max XT en este motor; se extrajeron los siguientes datos del Anexo L, los cuales fueron promediados como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16. Datos de gases, tomados del equipo GAS ALERT MAX XT para el motor CFM56-5B

N°		PPM	Promedio	PPM	Promedio		Promedio	%	Promedio
Prueba- Motor	Tiempo	(CO)	PPM(CO)	(H ₂ S)	PPM (H ₂ S)	% (O ₂)	% (O ₂)	(CH ₄) % LEL	% (CH ₄) % LEL
1	5 min	10	23,47	0	0	20,9	20,9	0	0
		11		0		20,9		0	
		14		0		20,9		0	
		20		0		20,9		0	
		21		0		20,9		0	
		22		0		20,9		0	
		23		0		20,9		0	
		26		0		20,9		0	

Tabla 16 (continua)

N°		PPM	Promedio	PPM	Promedio		Promedio	%	Promedio
Prueba-	Tiempo	(CO)	PPM(CO)	(H ₂ S)	PPM (H ₂ S)	% (O ₂)	% (O ₂)	(CH ₄)	% (CH ₄)
Motor								% LEL	% LEL
		25		0		20,9		0	
		23		0		20,9		0	
		21		0		20,9		0	
		22		0		20,9		0	
		26		0		20,9		0	
		30		0		20,9		0	
		28		0		20,9		0	
		26		0		20,9		0	
		31		0		20,9		0	
		35		0		20,9		0	
		32		0		20,9		0	
		28		0		20,9		0	
		26		0		20,9		0	
		25		0		20,9		0	
		23		0		20,9		0	
		19		0		20,9		0	
		17		0		20,9		0	
		18		0		20,9		0	
		19		0		20,9		0	
2	5 min	20	24,33	0	0	20,9	20,9	0	0
		22		0		20,9		0	
		25		0		20,9		0	
		24		0		20,9		0	
		29		0		20,9		0	
		28		0		20,9		0	
		19		0		20,9		0	
		26		0		20,9		0	
		28		0		20,9		0	

Tabla 16 (continua)

N°								%	Promedio
Prueba-	Tiempo	PPM	Promedio	PPM	Promedio	% (O ₂)	Promedio	(CH ₄)	% (CH ₄)
Motor		(CO)	PPM(CO)	(H ₂ S)	PPM (H ₂ S)		% (O ₂)	% LEL	% LEL
		25		0		20,9		0	
		28		0		20,9		0	
		30		0		20,9		0	
		32		0		20,9		0	
		20		0		20,9		0	
		16		0		20,9		0	
		12		0		20,9		0	
		9		0		20,9		0	
		11		0		20,9		0	
		19		0		20,9		0	
		29		0		20,9		0	
		34		0		20,9		0	
		37		0		20,9		0	
		39		0		20,9		0	
		38		0		20,9		0	
3	5 min	35	32,4	0	0	20,9	20,9	0	0
		36		0		20,9		0	
		38		0		20,9		0	
		41		0		20,9		0	
		44		0		20,9		0	
		45		0		20,9		0	
		47		0		20,9		0	
		46		0		20,9		0	
		44		0		20,9		0	
		41		0		20,9		0	
		32		0		20,9		0	
		21		0		20,9		0	
4	5 min	14	29,91	0	0	20,9	20,9	0	0
		20		0		20,9		0	

Tabla 16 (continua)

N°		PPM	Promedio	PPM	Promedio	%	Promedio	%	Promedio
Prueba-	Tiempo	(CO)	PPM(CO)	(H ₂ S)	PPM (H ₂ S)	(O ₂)	% (O ₂)	(CH ₄)	% (CH ₄)
Motor								% LEL	% LEL
		25		0		20,9		0	
		29		0		20,9		0	
		33		0		20,9		0	
		35		0		20,9		0	
		34		0		20,9		0	
		33		0		20,9		0	
		32		0		20,9		0	
		29		0		20,9		0	
		27		0		20,9		0	
		29		0		20,9		0	
		31		0		20,9		0	
		30		0		20,9		0	
		31		0		20,9		0	
		32		0		20,9		0	
		34		0		20,9		0	
		35		0		20,9		0	
		33		0		20,9		0	
		34		0		20,9		0	
		35		0		20,9		0	
		33		0		20,9		0	
		29		0		20,9		0	
Promedio Total									
Para Los 4 Motores		27,52		0		20,9		0	

Fuente. Elaborada por los Autores

Como se mencionó anteriormente y según la tabla 10; para el monóxido de carbono (CO) el límite permisible es de 8.8 ppm con un tiempo de exposición al gas de 8 horas para una persona y de 35 ppm con un tiempo de exposición al gas de 1 hora para una persona. Los datos

promediados para CO, según la tabla 16 muestran que se generan 27.52 ppm, esto indica que el valor se encuentra por debajo si una persona se expone al gas directamente durante una hora; pero estaría muy por encima del límite si una persona se expone al gas durante 8 horas seguidas. Por otra parte las normas OSHA 29CFR 1910.146 las cuales hablan de riesgos atmosféricos en espacios reducidos (ver anexo O), indican que el nivel permisible para 8 horas es de 35 ppm; lo que muestra que el valor de 27.52 ppm, se encuentra dentro del límite permisible para esta norma. En la figura 43, se observa el comparativo con las dos normas.

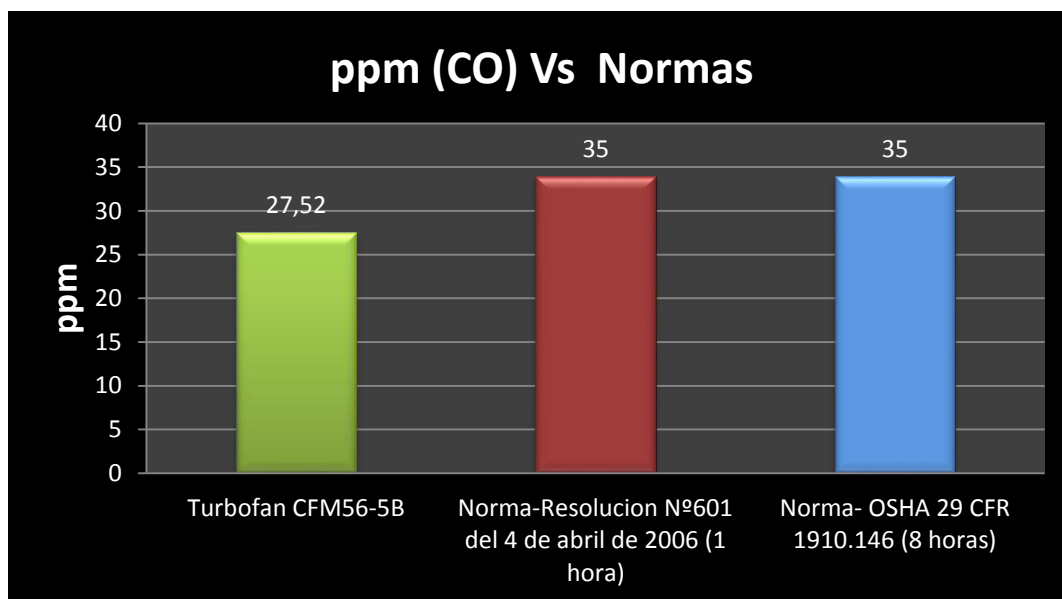


Figura 43. Ppm para el CO con el motor CFM 56-5B Vs normas. Elaborado por los Autores

El valor del nivel de oxígeno medido por el equipo fue de 20.9 % indicando un porcentaje normal de este en el ambiente; las normas OSHA 29CFR 1910.146, establecen un intervalo entre 19.5% y 23.5% para concentraciones normales de oxígeno en el aire (ver figura 44).

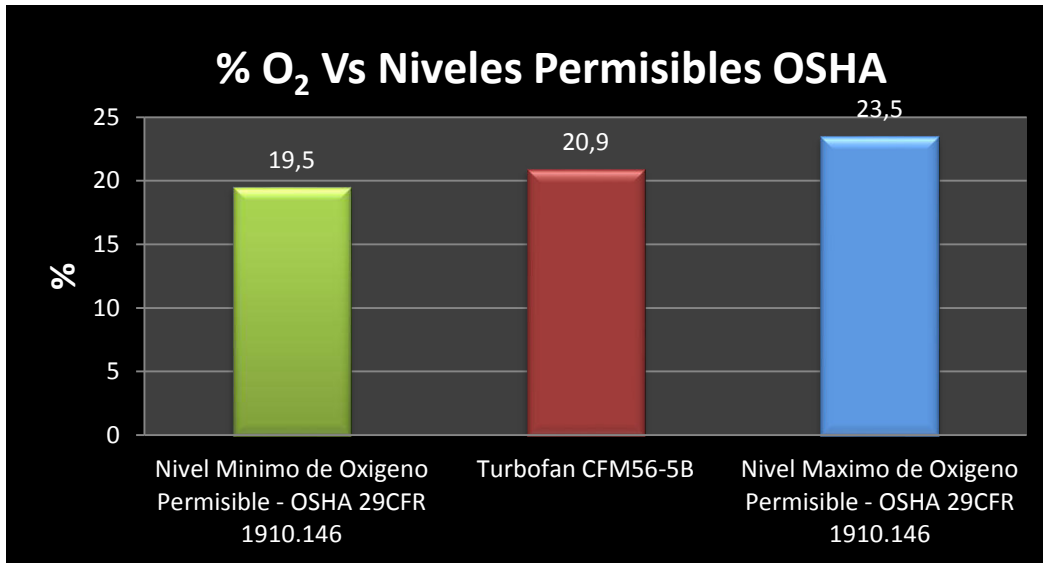


Figura 44. **Porcentaje (%) para el O₂ con el motor CFM56-5B Vs niveles permisibles OSHA.** Elaborada por los Autores

Para las concentraciones de Sulfuro de Hidrogeno (H₂S), que son medidas en ppm; el equipo analizador de gases mostro una lectura de 0 ppm, lo que indica que no existe presencia de este gas toxico. Las normas OSHA 29CFR 1910.146, establecen un nivel de exposición permisible de 10 ppm, durante 8 horas (ver figura 45).

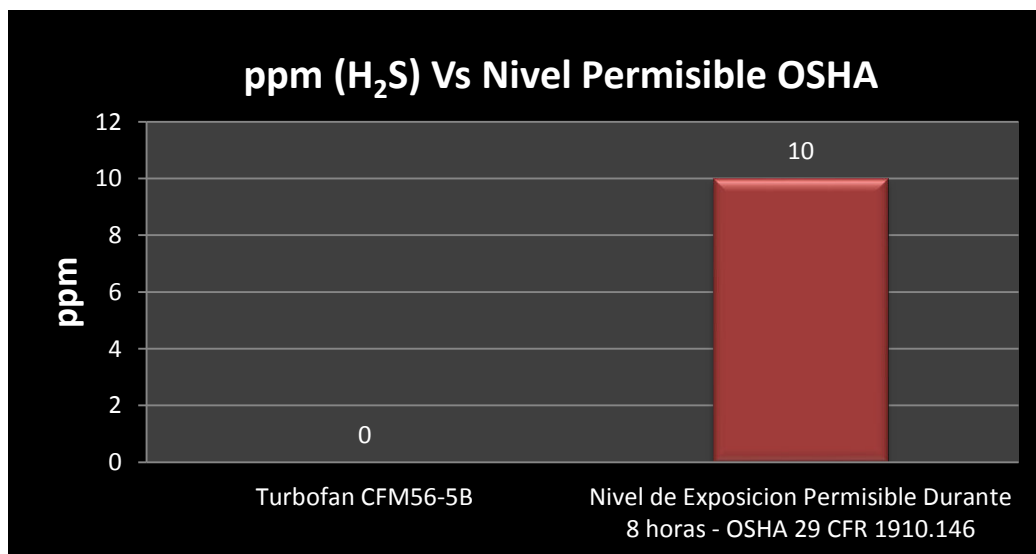


Figura 45. **Ppm para el H₂S con el motor Turbofan CFM56 – 5B Vs niveles permisibles OSHA.** Elaborada por los Autores

El equipo analizador de gases mostro una lectura para este motor de 0 % v/v de metano, lo que indica que al generarse la combustión en la cámara del motor, la combustión es completa y no aparecen hidrocarburos sin quemar del tipo CH₄ en la tobera (ver figura 46).

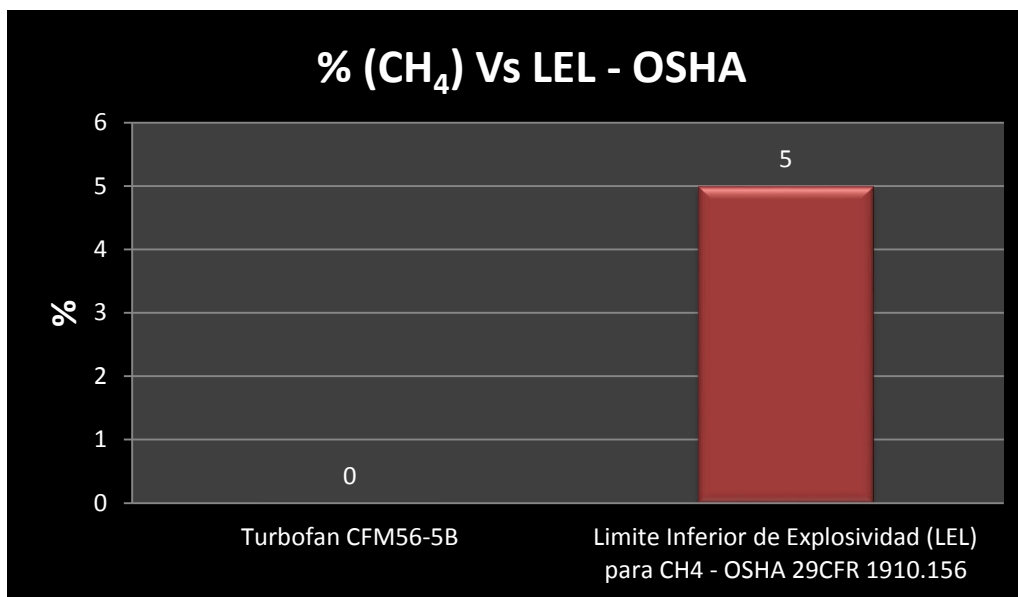


Figura 46. Porcentaje (%) CH₄ con el motor CFM56 – 5B Vs Límite Inferior de Explosividad (LEL)- OSHA. Elaborada por los Autores

6.2.1.3.3 Análisis de las emisiones gaseosas realizadas en el motor Turbofan RR Trent 700. Aplicando las normas OSHA y la resolución del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial para los datos obtenidos el día de las mediciones con el equipo Gas Alert Max XT en este motor; se extrajeron los siguientes datos del Anexo L, los cuales fueron promediados como se muestra en la tabla 17.

Tabla 17. Datos de gases, tomados del equipo GAS ALERT MAX XT para el motor RR Trent 700

N° Prueba- Motor	Tiempo	PPM	Promedio	PPM	Promedio	%	Promedio	%	Promedio
		(CO)	PPM(CO)	(H ₂ S)	PPM (H ₂ S)	(O ₂)	% (O ₂)	(CH ₄)	% (CH ₄)
1	5 min	5	23,42	0	0	20,9	20,9	0	0
		17		0		20,9		0	
		32		0		20,9		0	
		38		0		20,9		0	
		34		0		20,9		0	
		39		0		20,9		0	
		38		0		20,9		0	
		25		0		20,9		0	
		25		0		20,9		0	
		27		0		20,9		0	
		25		0		20,9		0	
		34		0		20,9		0	
		13		0		20,9		0	
		9		0		20,9		0	
		5		0		20,9		0	
		10		0		20,9		0	
		14		0		20,9		0	
19	0	20,9	0						
23	0	20,9	0						
28	0	20,9	0						

Tabla 17 (continua)

N° Prueba- Motor	Tiempo	PPM (CO)	Promedio PPM(CO)	PPM (H ₂ S)	Promedio PPM (H ₂ S)	% (O ₂)	Promedio % (O ₂)	% (CH ₄)	Promedio % (CH ₄) % LEL
								% LEL	
		32		0		20,9		0	
2	5 min	10	20,14	0	0	20,9	20,9	0	0
		22		0		20,9		0	
		22		0		20,9		0	
		27		0		20,9		0	
		32		0		20,9		0	
		26		0		20,9		0	
		24		0		20,9		0	
		30		0		20,9		0	
		26		0		20,9		0	
		16		0		20,9		0	
		14		0		20,9		0	
		5		0		20,9		0	
		8		0		20,9		0	
		14		0		20,9		0	
		21		0		20,9		0	
		22		0		20,9		0	
		19		0		20,9		0	
		17		0		20,9		0	
20	0	20,9	0						

Tabla 17 (continua)

N° Prueba- Motor	Tiempo	PPM	Promedio	PPM	Promedio	%	Promedio	%	Promedio
		(CO)	PPM(CO)	(H ₂ S)	PPM (H ₂ S)	(O ₂)	% (O ₂)	(CH ₄) %	% (CH ₄) % LEL
		23		0		20,9		0	
		25		0		20,9		0	
3	5 min	29	25	0	0	20,9	20,9	0	0
		24		0		20,9		0	
		25		0		20,9		0	
		22		0		20,9		0	
		20		0		20,9		0	
		19		0		20,9		0	
		18		0		20,9		0	
		17		0		20,9		0	
		19		0		20,9		0	
		23		0		20,9		0	
		25		0		20,9		0	
		26		0		20,9		0	
		28		0		20,9		0	
		32		0		20,9		0	
		35		0		20,9		0	
31	0	20,9	0						
26	0	20,9	0						
28	0	20,9	0						

Tabla 17 (continua)

N° Prueba- Motor	Tiempo	PPM	Promedio	PPM	Promedio	%	Promedio	%	Promedio
		(CO)	PPM(CO)	(H ₂ S)	PPM (H ₂ S)	(O ₂)	% (O ₂)	(CH ₄)	% (CH ₄)
		30		0		20,9		0	
		26		0		20,9		0	
		22		0		20,9		0	
4	5 min	27	25,16	0	0	20,9	20,9	0	0
		30		0		20,9		0	
		29		0		20,9		0	
		25		0		20,9		0	
		23		0		20,9		0	
		25		0		20,9		0	
		28		0		20,9		0	
		25		0		20,9		0	
		22		0		20,9		0	
		17		0		20,9		0	
		14		0		20,9		0	
		11		0		20,9		0	
		7		0		20,9		0	
		9		0		20,9		0	
		11		0		20,9		0	
19	0	20,9	0						
29	0	20,9	0						

Tabla 17 (continua)

N° Prueba- Motor	Tiempo	PPM	Promedio	PPM	Promedio	%	Promedio	%	Promedio
		(CO)	PPM(CO)	(H ₂ S)	PPM (H ₂ S)	(O ₂)	% (O ₂)	(CH ₄)	% (CH ₄)
		34		0		20,9		0	
		37		0		20,9		0	
		38		0		20,9		0	
		35		0		20,9		0	
		36		0		20,9		0	
		38		0		20,9		0	
		35		0		20,9		0	
Promedio Total Para Los 4 Motores		23,43		0		20,9		0	

Fuente. Elaborada por los Autores

Como se mencionó anteriormente y según la tabla 10; para el monóxido de carbono (CO) el límite permisible es de 8.8 ppm con un tiempo de exposición al gas de 8 horas para una persona y de 35 ppm con un tiempo de exposición al gas de 1 hora para una persona. Los datos promediados para CO, según la tabla 17 muestran que se generan 23.43 ppm, esto indica que el valor se encuentra por debajo si una persona se expone al gas directamente durante una hora; pero estaría muy por encima del límite si una persona se expone al gas durante 8 horas seguidas. Por otra parte las normas OSHA 29CFR 1910.146 las cuales hablan de riesgos atmosféricos en espacios reducidos (ver anexo O), indican que el nivel permisible para 8 horas es de 35 ppm; lo que muestra que el valor de 23.43 ppm, se encuentra dentro del límite permisible para esta norma. En la figura 47 se observa el comparativo con las dos normas.

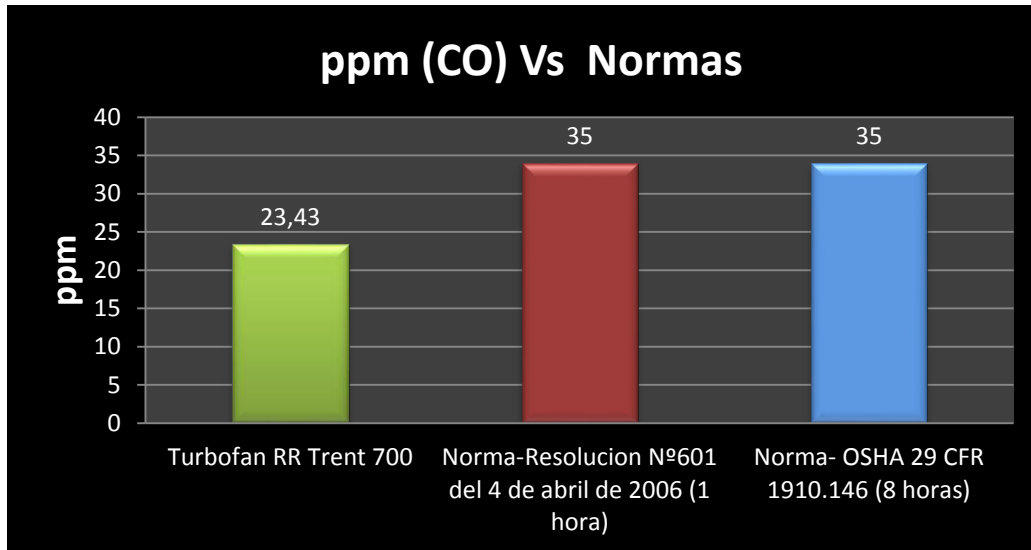


Figura 47. Ppm para el CO con el motor RR Trent 700 Vs normas. Elaborada por los Autores

El valor del nivel de oxígeno medido por el equipo fue de 20.9 % indicando un porcentaje normal de este en el ambiente; las normas OSHA 29CFR 1910.146, establecen un intervalo entre 19.5% y 23.5% para concentraciones normales de oxígeno en el aire (ver figura 48).

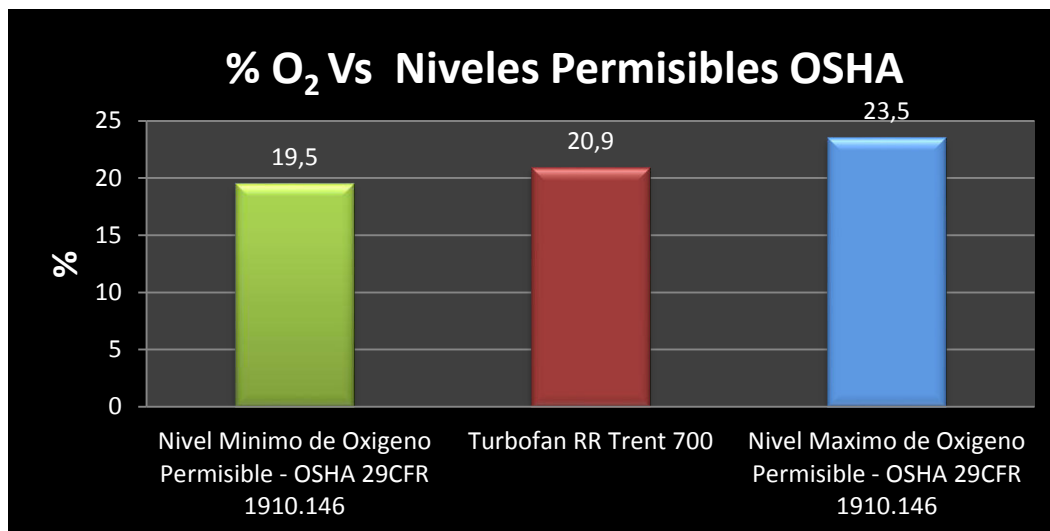


Figura 48. Porcentaje (%) para el O₂ con el motor RR Trent 700 Vs niveles permisibles OSHA. Elaborada por los Autores

Para las concentraciones de Sulfuro de Hidrogeno (H_2S), que son medidas en ppm; el equipo analizador de gases mostro una lectura de 0 ppm, lo que indica que no existe presencia de este gas toxico. Las normas OSHA 29CFR 1910.146, establecen un nivel de exposición permisible de 10 ppm, durante 8 horas (ver figura 49).

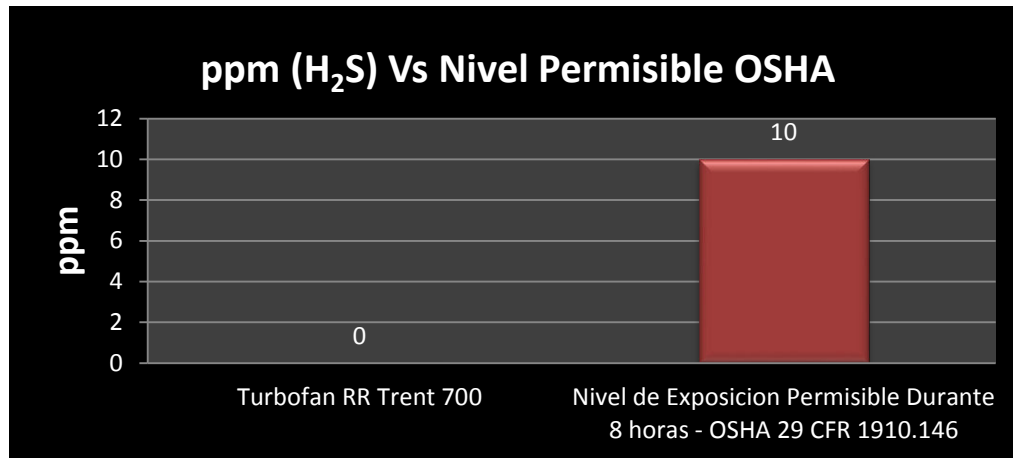


Figura 49. Ppm para el H_2S con el motor Turbofan Trent 700 Vs niveles permisibles OSHA. Elaborada por los Autores

El equipo analizador de gases mostro una lectura para este motor de 0 % v/v de metano, lo que indica que al generarse la combustión en la cámara del motor, la combustión es completa y no aparecen hidrocarburos sin quemar del tipo CH_4 en la tobera (ver figura 50).

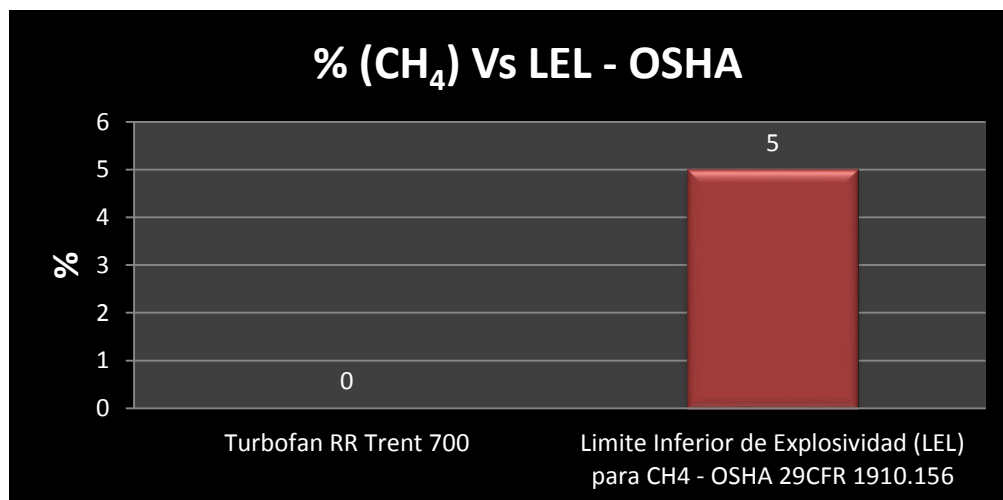


Figura 50. Porcentaje (%) CH_4 con el motor RR Trent 700 Vs Límite Inferior de Explosividad (LEL)- OSHA. Elaborada por los Autores

6.2.1.3.4 Análisis de las emisiones gaseosas realizadas en el motor Turbohélice PW 127M. Aplicando las normas OSHA y la resolución del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial para los datos obtenidos el día de las mediciones con el equipo Gas Alert Max XT en este motor; se extrajeron los siguientes datos del Anexo M, los cuales fueron promediados como se muestra en la tabla 18.

Tabla 18. Datos de gases, tomados del equipo GAS ALERT MAX XT para el motor PW 127M.

N° Prueba- Motor	Tiempo	PPM	Promedio	PPM	Promedio	%	Promedio	%	Promedio
		(CO)	PPM(CO)	(H ₂ S)	PPM (H ₂ S)	(O ₂)	% (O ₂)	(CH ₄)	% (CH ₄)
								LEL	% LEL
1	5 min	25	33,73	0	0	20,9	20,9	0	0
		31		0		20,9		0	
		30		0		20,9		0	
		31		0		20,9		0	
		27		0		20,9		0	
		22		0		20,9		0	
		29		0		20,9		0	
		34		0		20,9		0	
		41		0		20,9		0	
		41		0		20,9		0	
		47		0		20,9		0	
		38		0		20,9		0	
		35		0		20,9		0	
		38		0		20,9		0	
43	0	20,9	0						

Tabla 18 (continua)

N° Prueba- Motor	Tiempo	PPM	Promedio	PPM	Promedio	%	Promedio	%	Promedio
		(CO)	PPM(CO)	(H ₂ S)	PPM (H ₂ S)	(O ₂)	% (O ₂)	(CH ₄)	% (CH ₄)
		39		0		20,9		0	
		43		0		20,9		0	
		43		0		20,9		0	
		4		0		20,9		0	
2	5 min	66	57,56	0	0	20,9	20,9	0	0
		67		0		20,9		0	
		65		0		20,9		0	
		64		0		20,9		0	
		79		0		20,9		0	
		68		0		20,9		0	
		71		0		20,9		0	
		62		0		20,9		0	
		59		0		20,9		0	
		64		0		20,9		0	
		65		0		20,9		0	
		52		0		20,9		0	
		55		0		20,9		0	
		51		0		20,9		0	
		44		0		20,9		0	
47	0	20,9	0						

Tabla 18 (continua)

N° Prueba- Motor	Tiempo	PPM	Promedio	PPM	Promedio	%	Promedio	%	Promedio
		(CO)	PPM(CO)	(H ₂ S)	PPM (H ₂ S)	(O ₂)	% (O ₂)	(CH ₄)	% (CH ₄)
		46		0		20,9		0	
		42		0		20,9		0	
		46		0		20,9		0	
		51		0		20,9		0	
		52		0		20,9		0	
		53		0		20,9		0	
		55		0		20,9		0	
3	5 min	11	35,36	0	0	20,9	20,9	0	0
		19		0		20,9		0	
		29		0		20,9		0	
		34		0		20,9		0	
		37		0		20,9		0	
		39		0		20,9		0	
		38		0		20,9		0	
		35		0		20,9		0	
		36		0		20,9		0	
		38		0		20,9		0	
		41		0		20,9		0	
		44		0		20,9		0	
		45		0		20,9		0	

Tabla 18 (continua)

N° Prueba- Motor	Tiempo	PPM (CO)	Promedio PPM(CO)	PPM (H ₂ S)	Promedio PPM (H ₂ S)	% (O ₂)	Promedio % (O ₂)	% (CH ₄)	Promedio
								% LEL	% (CH ₄) % LEL
		47		0		20,9		0	
		46		0		20,9		0	
		44		0		20,9		0	
		41		0		20,9		0	
		32		0		20,9		0	
		29		0		20,9		0	
		33		0		20,9		0	
		31		0		20,9		0	
		29		0		20,9		0	
4	5 min	46	61,3	0	0	20,9	20,9	0	0
		55		0		20,9		0	
		61		0		20,9		0	
		62		0		20,9		0	
		58		0		20,9		0	
		63		0		20,9		0	
		68		0		20,9		0	
		72		0		20,9		0	
		66		0		20,9		0	
		61		0		20,9		0	
		58		0		20,9		0	

Tabla 18 (continua)

N° Prueba- Motor	Tiempo	PPM	Promedio	PPM	Promedio	%	Promedio	%	Promedio
		(CO)	PPM(CO)	(H ₂ S)	PPM (H ₂ S)	(O ₂)	% (O ₂)	(CH ₄)	% (CH ₄)
		55		0		20,9		0	
		62		0		20,9		0	
		65		0		20,9		0	
		63		0		20,9		0	
		59		0		20,9		0	
		61		0		20,9		0	
		64		0		20,9		0	
		65		0		20,9		0	
		64		0		20,9		0	
		60		0		20,9		0	
		62		0		20,9		0	
		60		0		20,9		0	
Promedio Total Para Los 4 Motores		46,99		0		20,9		0	

Fuente. Elaborada por los Autores

Como se mencionó anteriormente y según la tabla 10; para el monóxido de carbono (CO) el límite permisible es de 8.8 ppm con un tiempo de exposición al gas de 8 horas para una persona y de 35 ppm con un tiempo de exposición al gas de 1 hora para una persona. Los datos promediados para CO, según la tabla 18 muestran que se generan 46.99 ppm, esto indica que el valor se encuentra esta vez y para el motor turbohélice PW 127 M por encima de los valores

reglamentarios. Cuando se realizaron las pruebas en este motor la alarma vibratoria y de luz del equipo se activó en repetidas ocasiones, indicando que los niveles permisibles fueron sobrepasados. Por otra parte las normas OSHA 29CFR 1910.146 las cuales hablan de riesgos atmosféricos en espacios reducidos (ver anexo O), indican que el nivel permisible para 8 horas es de 35 ppm; lo que muestra que el valor de 46.99 ppm, se encuentra también fuera del límite permisible para esta norma. El motor PW 127 M, genera entonces contaminación atmosférica por emisiones de monóxido de carbono (CO), las personas que se encuentren expuestas a estas concentraciones directamente, experimentarían un ligero dolor de cabeza y malestar. En la figura 51 se observa el comparativo con las dos normas.

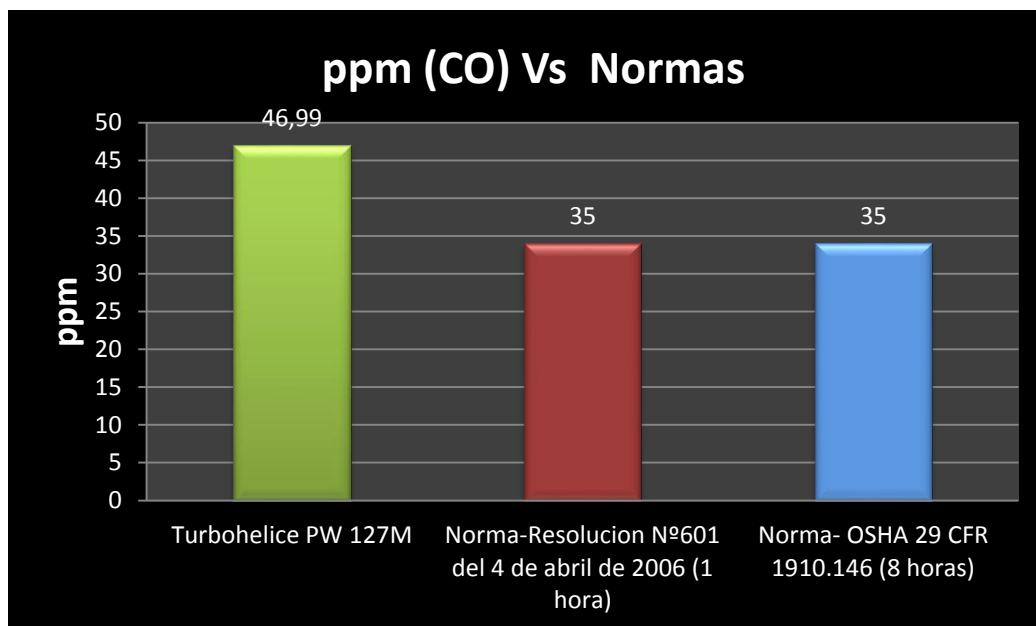


Figura 51. Ppm para el CO con el motor PW 127M Vs normas. Elaborada por los Autores

El valor del nivel de oxígeno medido por el equipo fue de 20.9 % indicando un porcentaje normal de este en el ambiente; las normas OSHA 29CFR 1910.146, establecen un intervalo entre 19.5% y 23.5% para concentraciones normales de oxígeno en el aire (ver figura 52).

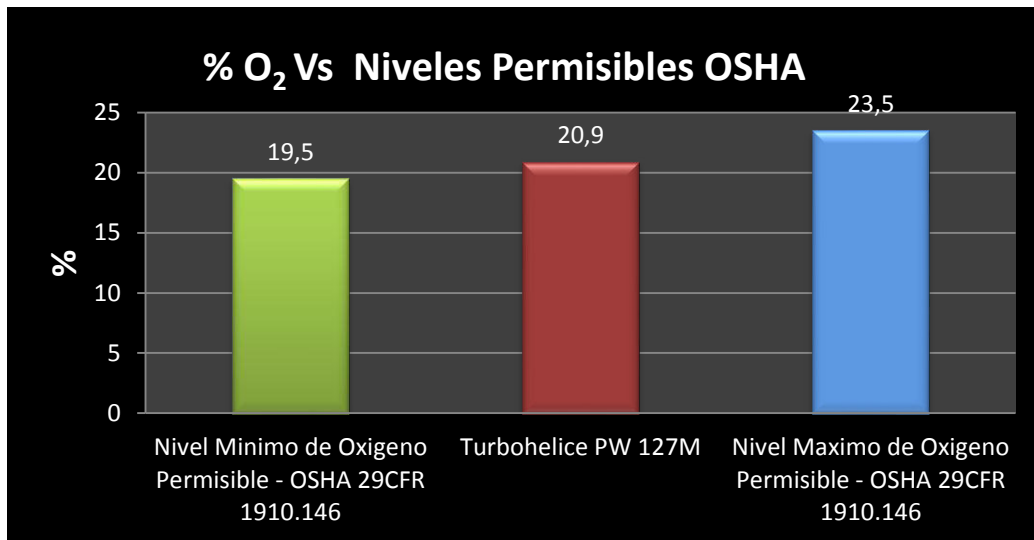


Figura 52. **Porcentaje (%) para el O₂ con el motor PW 127M Vs niveles permisibles OSHA.** Elaborada por los Autores

Para las concentraciones de Sulfuro de Hidrogeno (H₂S), que son medidas en ppm; el equipo analizador de gases mostro una lectura de 0 ppm, lo que indica que no existe presencia de este gas toxico. Las normas OSHA 29CFR 1910.146, establecen un nivel de exposición permisible de 10 ppm, durante 8 horas (ver figura 53).

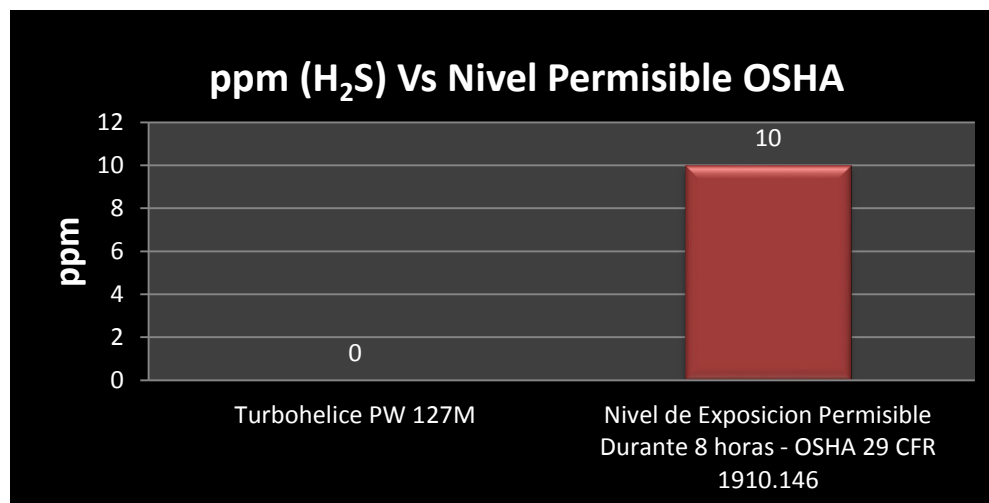


Figura 53. **Ppm para el H₂S con el motor PW 127M Vs niveles permisibles OSHA.** Elaborada por los Autores

El equipo analizador de gases mostro una lectura para este motor de 0 % v/v de metano, lo que indica que al generarse la combustión en la cámara del motor, la combustión es completa y no aparecen hidrocarburos sin quemar del tipo CH₄ en la tobera (ver figura 54).

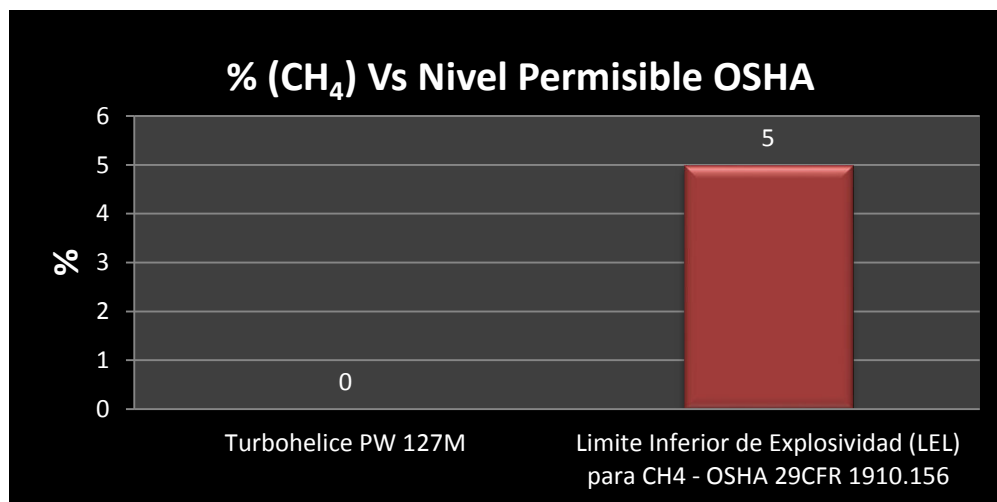


Figura 54. Porcentaje (%) CH₄ con el motor PW 127M Vs Límite Inferior de Explosividad (LEL)- OSHA. Elaborada por los Autores

6.3 Concentración de gases emitidos por los motores a reacción de acuerdo a la frecuencia de las operaciones aéreas en el Aeropuerto El Dorado.

En la sección 4.5.1 se mencionó que en el Aeropuerto El Dorado ocurren 827 operaciones diarias aproximadamente y que existen 222 aviones de las aerolíneas. Se concluye entonces que si las aeronaves tienen un promedio de dos motores cada una, el número de motores que operan diariamente en este aeropuerto será de 1654.

El análisis se realizó en la fase carreteo – salida para los motores (ver tabla 3) y teniendo en cuenta que se tomaron como referencia dos motores turbofan y un motor turbohélice, los datos para estos fueron promediados para que el valor promedio fuera el representativo y se tomara como un motor estándar en dicha fase. A continuación se especifica el procedimiento

para evaluar las concentraciones de gases emitidos por los motores en función de las frecuencias de las operaciones aéreas.

- Cantidad de Monóxido de Carbono (CO) emitida en la fase carreteo – salida

Las cantidades de Monóxido de Carbono emitidas por los motores en esta fase se tomaron de los cálculos de las masas de gases contaminantes en gramos (D_p). En la tabla 19 se muestran estos valores extraídos de los cálculos realizados.

Tabla 19. Datos y promedio de las masas del gas CO emitidos por los motores

Motor	D_p (g)
Motor Turbofan CFM56-5B	913.63
Motor Turbofan RR Trent 700	2310.19
Motor Turbohélice PW 127M	165.63
Promedio	1129.81

Fuente. Elaborada por los Autores

El valor promedio es el valor representativo y se tomara como si fuera la emisión de CO para un motor estándar; este valor es multiplicado por el número de motores que operan diariamente en el aeropuerto, con el fin de obtener la cantidad total de CO en la fase carreteo - salida que se produce diariamente. Tomando como referencia los datos obtenidos de la aerocivil para las salidas reales (ver anexo C), este valor diario es de aproximadamente 414 salidas reales de los aviones, es decir 828 motores funcionando diariamente en la fase mencionada.

$$D_{p \text{ total}} = (1129.81 \text{ g}_{CO}/\text{motor})(828 \text{ motores}) \quad (19)$$

$$D_{p \text{ total}} = 935482.68 \text{ g}_{CO} = 0.935 T_{CO}$$

Esto indica que la cantidad total de CO en la fase carreteo – salida durante los primeros 5 minutos a un régimen de marcha mínima o ralentí en el Aeropuerto El Dorado diariamente es de 0.935 Toneladas. Este valor también indica que en el año se están produciendo 341.27 Toneladas de CO durante la fase inicial de encendido de los motores a marcha mínima.

- Cantidad de Hidrocarburos sin quemar(HC) emitida en la fase carreteo – salida

Como se mencionó en la sección 6.2.1.2.4, el equipo Gas Alert Max XT detecta las emisiones de metano (CH_4); para el caso de los motores del estudio el valor medido fue de 0% v/v, indicando que la combustión es completa en dichos motores; sin embargo es probable que aparezcan otros hidrocarburos sin quemar en las emisiones, por tal motivo se trabajara con la base de datos que tiene la ICAO referenciada en el anexo N. En la base de datos de la ICAO, se encuentran los dos tipos de motores turbofan del estudio, pero en ella no se incluyen los motores turbohélice; de esta forma el valor para el motor turbohélice PW 127M en cuanto a hidrocarburos sin quemar será el medido por el analizador de gases, es decir 0% v/v.

En la base de datos de la ICAO, aparecen los siguientes datos para los dos motores turbofan en función de la relación D_p/F_{00} :

- Motor turbofan CFM 56 – 5B3/3: 1.43 $\text{gr}_{\text{HC}} / \text{KN}$
- Motor turbofan RR Trent 768: 2.7 $\text{gr}_{\text{HC}} / \text{KN}$

Para el motor turbohélice el valor de la relación D_p/F_{00} , será también de 0 $\text{gr}_{\text{HC}}/\text{KN}$.

En la sección 6.2.1.2.1, se determinó el valor de la fuerza de empuje nominal (F_{00}), para la fase de carreteo – salida, la cual fue de 9.9635 KN para el motor turbofan CFM 56 – 5B3/3 y de 21.021 KN para el motor turbofan RR Trent 768; estos valores son utilizados para poder hallar la masa o cantidad de gas contaminante en gramos (D_p), según la ecuación 12.

Motor turbofan CFM 56 – 5B3/3:

$$\frac{D_p}{F_{00}} = 1.43 \frac{g_{HC}}{KN}$$

Despejando la variable D_p y reemplazando el valor correspondiente de F_{00} , tenemos:

$$D_p = \left(1.43 \frac{g_{HC}}{KN}\right) (9.9635 \text{ KN})$$

$$D_p = 14.24 g_{HC}$$

Motor turbofan RR Trent 768:

$$\frac{D_p}{F_{00}} = 2.7 \frac{g_{HC}}{KN}$$

Despejando la variable D_p y reemplazando el valor correspondiente de F_{00} , tenemos:

$$D_p = \left(2.7 \frac{g_{HC}}{KN}\right) (21.021 \text{ KN})$$

$$D_p = 56.75 g_{HC}$$

Las cantidades de los hidrocarburos sin quemar (HC) emitidas por los motores en esta fase se promedian (ver tabla 20).

Tabla 20. Datos y promedio de las masas del gas HC emitidos por los motores

Motor	D_p (g)
Motor Turbofan CFM56-5B	14.24
Motor Turbofan RR Trent 700	56.75
Motor Turbohélice PW 127M	0
Promedio	23.66

Fuente. Elaborada por los Autores

El valor promedio es el valor representativo y se tomara como si fuera la emisión de HC para un motor estándar; este valor es multiplicado por el número de motores que operan diariamente en el aeropuerto, con el fin de obtener la cantidad total de HC en la fase carreteo -

salida que se produce diariamente. Tomando como referencia los datos obtenidos de la aerocivil para las salidas reales (ver anexo C), este valor diario es de aproximadamente 414 salidas reales de los aviones, es decir 828 motores funcionando diariamente en la fase mencionada.

$$D_{p\ total} = (23.66\ g_{HC}/motor)(828\ motores) \quad (20)$$

$$D_{p\ total} = 19590.48\ g_{HC} = 0.01959\ T_{HC}$$

Esto indica que la cantidad total de HC en la fase carreteo – salida durante los primeros 5 minutos a un régimen de marcha mínima o ralenti en el Aeropuerto El Dorado diariamente es de 0.01959 Toneladas. Este valor también indica que en el año se están produciendo 7.15 Toneladas de HC durante la fase inicial de encendido de los motores a marcha mínima.

- Cantidad de Óxidos de Nitrógeno (NO_x) emitida en la fase carreteo – salida

Como se mencionó en la sección 6.2.1.2.5, el equipo analizador de gases no detecta contenidos de Óxidos de Nitrógeno por lo tanto se procedió a utilizar la base de datos de la ICAO en cuanto a las emisiones de los motores de los aviones (ICAO Aircraft Engine Emissions Databank). En la base de datos de la ICAO, se encuentran los dos tipos de motores turbofan del estudio, pero en ella no se incluyen los motores turbohélice; de esta forma el valor para el motor turbohélice PW 127M en cuanto a Óxidos de Nitrógeno será el nivel reglamentario por la ICAO descrito en la sección 6.2.1.2.7.

En la base de datos de la ICAO, aparecen los siguientes datos para los dos motores turbofan en función de la relación D_p/F_{00} :

- Motor turbofan CFM 56 – 5B3/3: 48.3 gr_{NO_x} / KN
- Motor turbofan RR Trent 768: 52.2 gr_{NO_x} / KN

Para el motor turbohélice el valor de la relación D_p/F_{00} , será tomado del límite reglamentario por la ICAO, 41.6 gr_{NO_x} / KN

En la sección 6.2.1.2.1, se determinó el valor de la fuerza de empuje nominal (F_{00}), para la fase de carreteo – salida, la cual fue de 9.9635 KN para el motor turbofan CFM 56 – 5B3/3 y de 21.021 KN para el motor turbofan RR Trent 768; para el motor turbohélice PW 127M el valor es de 1.22 KN descrito en la sección 6.2.1.2.3 ; estos valores son utilizados para poder hallar la masa o cantidad de gas contaminante en gramos (D_p), según la ecuación 12.

Motor turbofan CFM 56 – 5B3/3:

$$\frac{D_p}{F_{00}} = 48.3 \frac{g_{NO_x}}{KN}$$

Despejando la variable D_p y reemplazando el valor correspondiente de F_{00} , tenemos:

$$D_p = \left(48.3 \frac{g_{NO_x}}{KN}\right) (9.9635 \text{ KN})$$

$$D_p = 481.23 g_{NO_x}$$

Motor turbofan RR Trent 768:

$$\frac{D_p}{F_{00}} = 52.2 \frac{g_{NO_x}}{KN}$$

Despejando la variable D_p y reemplazando el valor correspondiente de F_{00} , tenemos:

$$D_p = \left(52.2 \frac{g_{NO_x}}{KN}\right) (21.021 \text{ KN})$$

$$D_p = 1097.29 g_{NO_x}$$

Motor turbohélice PW 127M

$$\frac{D_p}{F_{00}} = 41.6 \frac{g_{NO_x}}{KN}$$

Despejando la variable D_p y reemplazando el valor correspondiente de F_{00} , tenemos:

$$D_p = \left(41.6 \frac{g_{NO_x}}{KN}\right) (1.22 \text{ KN})$$

$$D_p = 50.75 g_{NO_x}$$

Las cantidades de los Óxidos de Nitrógeno (NO_x) emitidas por los motores en esta fase se promedian (ver tabla 21).

Tabla 21. Datos y promedio de las masas del gas NO_x emitidos por los motores

Motor	D_p (g)
Motor Turbofan CFM56-5B	481.23
Motor Turbofan RR Trent 700	1097.29
Motor Turbohélice PW 127M	50.75
Promedio	543.09

Fuente. Elaborada por los Autores

El valor promedio es el valor representativo y se tomara como si fuera la emisión de NO_x para un motor estándar; este valor es multiplicado por el número de motores que operan diariamente en el aeropuerto, con el fin de obtener la cantidad total de NO_x en la fase carreteo - salida que se produce diariamente. Tomando como referencia los datos obtenidos de la aerocivil para las salidas reales (ver anexo C), este valor diario es de aproximadamente 414 salidas reales de los aviones, es decir 828 motores funcionando diariamente en la fase mencionada.

$$D_{p \text{ total}} = (543.09 \text{ g}_{\text{NO}_x}/\text{motor})(828 \text{ motores}) \quad (21)$$

$$D_{p \text{ total}} = 449678.52 \text{ g}_{\text{NO}_x} = 0.45 \text{ T}_{\text{NO}_x}$$

Esto indica que la cantidad total de NO_x en la fase carreteo – salida durante los primeros 5 minutos a un régimen de marcha mínima o ralentí en el Aeropuerto El Dorado diariamente es de 0.45 Toneladas. Este valor también indica que en el año se están produciendo 164.25 Toneladas de NO_x durante la fase inicial de encendido de los motores a marcha mínima.

La figura 55 muestra las cantidades de gases contaminantes que se generan en el Aeropuerto El Dorado, por funcionamiento de los motores de los aviones de acuerdo a la

frecuencia de las operaciones aéreas. En la figura en mención se indican los valores anteriormente obtenidos, teniendo en cuenta la fase carreteo – salida durante los primeros 5 minutos a un régimen de marcha mínima o ralenti para un motor estándar o promedio; en ella se observa que el valor más representativo es el de las emisiones de Monóxido de Carbono, siendo este gas el que más se produce en la fase. Por otro lado se observa que las emisiones de los hidrocarburos sin quemar son mucho menores con respecto a los demás gases producidos.

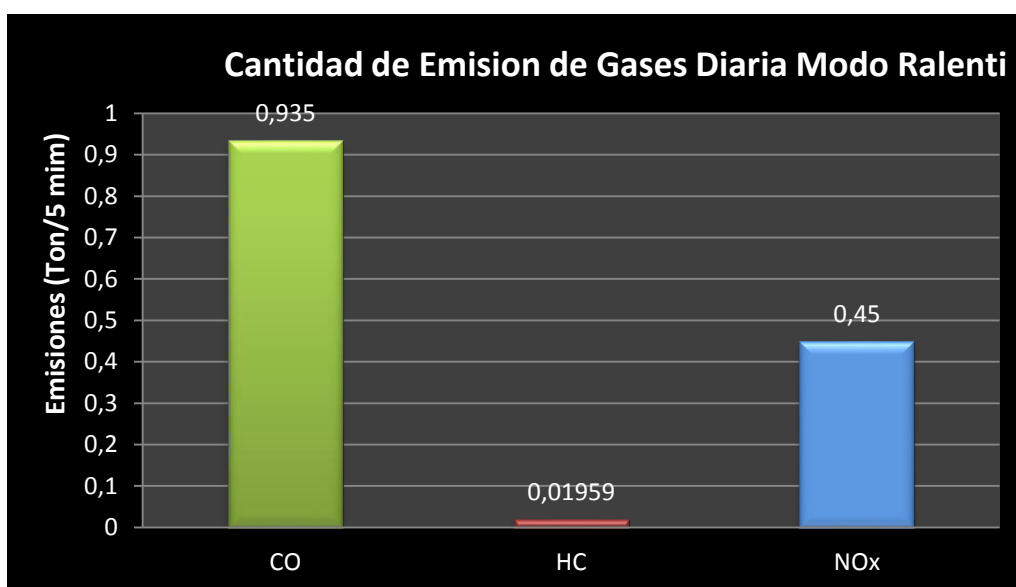


Figura 55. Cantidad de emisión de gases diaria durante la fase carreteo-salida en los primeros 5 minutos. Elaborada por los Autores

La figura 56, indica los valores obtenidos en cuanto a las emisiones de dichos gases por año en la fase carreteo – salida durante los primeros 5 minutos a un régimen de marcha mínima o ralenti. En esta grafica se observa también que el valor más representativo es el de las emisiones de Monóxido de Carbono, siendo este gas el que más se produce en la fase por año; también se observa que el valor de las emisiones de los hidrocarburos sin quemar son mucho menores.

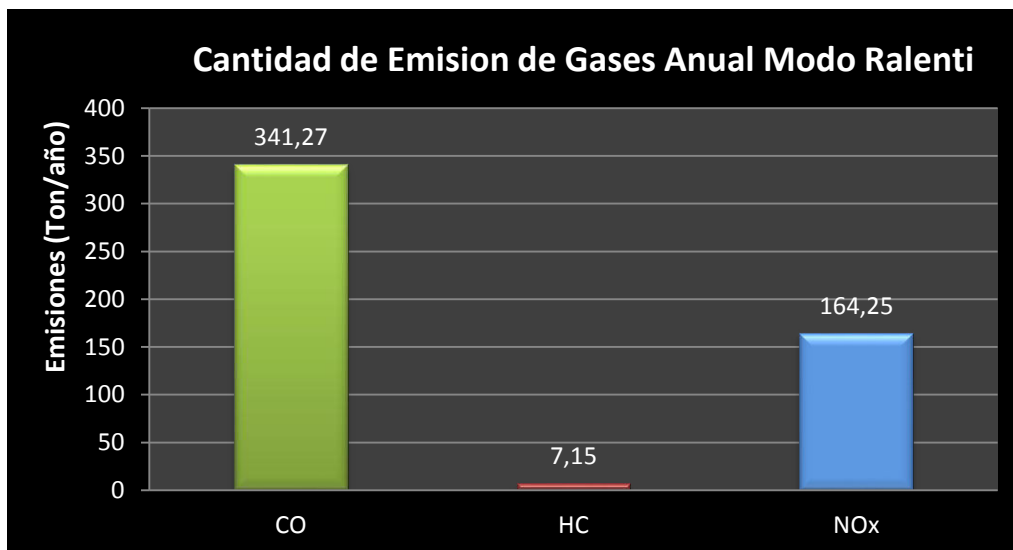


Figura 56. Cantidad de emisión de gases anual durante la fase carreteo-salida en los primeros 5 minutos. Elaborada por los Autores

Se debe tener en cuenta que en la investigación solo se analizó la fase carreteo – salida y que si se quisiera el valor global se tienen que analizar las fases de vuelo restantes junto con los tiempos estipulados por la ICAO en cada una de ellas. De todas maneras estos valores son los que se generan inicialmente en la pista del aeropuerto cuando las aeronaves van a salir y son las cantidades que ocasionan inicialmente también la contaminación ambiental en el aeropuerto y por ende en la ciudad de Bogotá por el uso de motores aeronáuticos.

6.4 Análisis de la producción de gases de efecto invernadero en los motores a reacción

Los gases de efecto invernadero que producen los motores de las aeronaves son el dióxido de carbono (CO_2), los hidrocarburos sin quemar (HC), vapor de agua, óxido nitroso (N_2O) y smoke. Con respecto al estudio realizado solo se pudieron medir directamente las concentraciones de los hidrocarburos sin quemar y el nivel de smoke de los motores, mediante el número de smoke enunciado por la ICAO.

Para el valor del CO₂, se tomó como referencia el valor descrito en el Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para la Región Bogotá – Cundinamarca para el año 2012 emitido por el IDEAM; este valor en el área del transporte aéreo fue de 230Gg de CO₂, representando solamente un 1.8% aproximado del total de gases de efecto invernadero producidos en Bogotá. Por otra parte el valor del N₂O, es de 2.3 Gg, representando el 0.018%.

El total de hidrocarburos sin quemar (HC), según el IDEAM en su documento para el transporte aéreo en el 2012, fue de 0.3 Gg de HC, esto indica un 0.0023% aproximado del total de gases de efecto invernadero producidos en Bogotá. El valor medido de este gas con el analizador de gases fue de 7.15 Toneladas por año en la fase carreteo – salida; este valor es muy pequeño comparado con los datos del IDEAM, pero se debe tener en cuenta la fase de operación.

El nivel de smoke, es medido con el número de smoke para los motores, estipulado por la ICAO; solamente el nivel del motor turbohélice PW 127M por sus características técnicas indica un valor que sobrepasa el límite reglamentario; el indicar que se sobrepasa el límite interpreta que la producción de smoke de este motor ocasiona calentamiento global en los porcentajes mencionados. La cantidad de motores turbohélice que funcionan en el Aeropuerto El Dorado es de 84 frente a 360 del tipo turbofan (ver tabla 7); se puede entonces afirmar que los motores turbohélice son el 18.92% del total de motores que operan en el aeropuerto. Este análisis básico permite demostrar que la producción de smoke puede ser relevante en cuanto a cantidades de gases contaminantes y de efecto invernadero (ver figura 57).

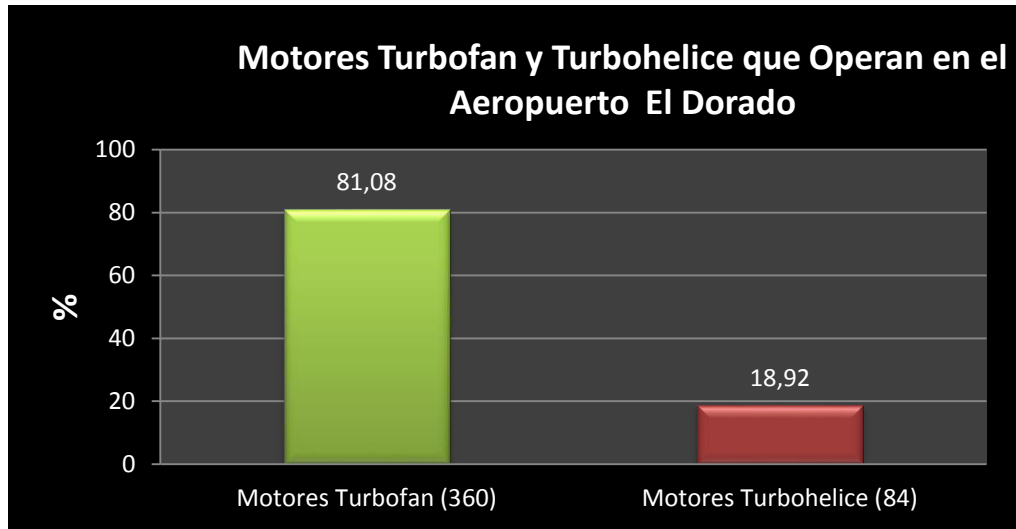


Figura 57. Numero de motores que operan en el Aeropuerto El Dorado.
Elaborada por los Autores

7. Conclusiones

- El número de operaciones diarias en el Aeropuerto El Dorado es medido por la Aerocivil y por la empresa OPAIN S.A, arrojando valores diferentes ya que los registros emitidos por Aerocivil se basan en las operaciones reales que se dan en el transcurso del día, mientras que los registros de la empresa OPAIN S.A son las operaciones programadas por las aerolíneas.

- La Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil de Colombia; en su Reglamento Aeronáutico Colombiano parte 11, el cual está dedicado a las Normas Ambientales para Aviación; no cuenta con las normas aplicables a la contaminación ambiental por emisiones gaseosas de los motores para el control de los mismos; esto hace que para este caso la Aeronáutica Civil homologue las aeronaves y los motores, mediante el Certificado Tipo emitido por otras Aeronáuticas Civiles del mundo como lo son por ejemplo la Federal Aviation Administration (FAA) y la European Aviation Safety Agency (EASA). En el certificado tipo de los motores se especifica que los requerimientos para la protección ambiental se realizan mediante el Anexo 16, Volumen II de la ICAO.

- Los motores del tipo turbofan son los más utilizados en las aeronaves por su alto desempeño, estos motores los poseen los aviones con gran capacidad en cuanto a transporte masivo de pasajeros y de carga, además de estar diseñados para recorrer distancias de vuelo considerables con un consumo de combustible bajo; por otra parte los motores del tipo turbohélice son muy utilizados en aviones para vuelos regionales donde las trayectorias de vuelo

son cortas en comparación con los turbofan, también son utilizados en aviones más pequeños. En el Aeropuerto el Dorado operan 180 aviones que utilizan motores turbofan y 42 que utilizan motores turbohélice.

- Según la ICAO, se deben utilizar equipos especializados para la medición de gases contaminantes emitidos por los motores de los aviones; estos equipos deben tener una sonda con unas especificaciones en cuanto a su material y dimensiones. De la misma manera el dispositivo analizador de gases debe medir las concentraciones de hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) y óxido nítrico (NO). Para nuestro caso se utilizó un equipo que detecta las concentraciones de hidrocarburos (HC), nivel de oxígeno (O₂), sulfuro de hidrógeno (H₂S) y monóxido de carbono (CO); siendo este último el más relevante en las mediciones en cuanto a gases contaminantes. El equipo Gas Alert Max XT, no es el más adecuado para el proceso de mediciones en los motores a reacción pero su ventaja radica en que es un equipo portátil y de fácil uso, además los datos obtenidos pueden ser exportados desde su software a una hoja de cálculo.

- Los valores de las concentraciones de los gases que no se pudieron medir por medio del equipo analizador, fueron determinados con las ecuaciones que se utilizan para certificar los motores a reacción enunciadas por la ICAO en su anexo 16 y por medio de su base de datos, teniendo en cuenta las características técnicas de los motores del análisis. Por otra parte los Gases de efecto invernadero que no se pudieron medir fueron determinados mediante el Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para la Región Bogotá – Cundinamarca para el año 2012 emitido por el IDEAM.

- De los tipos de motores analizados, el motor turbohélice fue el que sobrepasó el límite reglamentario del número de smoke (SN = 50); esto indica que las materias carbonosas las cuales

se encuentran contenidas en los gases de escape, además de obstaculizar la transmisión de la luz también retienen parte de la energía que emite el suelo cuando este ha sido calentado por la radiación del sol; esta energía es transformada en el calor que ocasiona el calentamiento global. Las emisiones de los motores turbohélice que operan en el Aeropuerto El Dorado ocasionan calentamiento global en una escala baja, debido al número de motores existentes, a la capacidad de pasajeros de los aviones y a la altitud en que se desempeñan (7600 metros).

- Los motores del tipo turbofan que operan en el Aeropuerto El Dorado, cumplen con los niveles reglamentarios establecidos por la ICAO, en cuanto al índice de humo y en cuanto a las emisiones gaseosas de monóxido de carbono (CO), hidrocarburos sin quemar (HC) y óxidos de nitrógeno (NO_x). Por otra parte los motores del tipo turbohélice, sobrepasan los niveles reglamentarios establecidos por la ICAO para las emisiones gaseosas de monóxido de carbono (CO), pero este tipo de motores cumple con los niveles de hidrocarburos sin quemar (HC); con respecto a los niveles de las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x), solo se pudo establecer el nivel reglamentario D_p/F₀₀, mediante las ecuaciones de la ICAO ya que no existe una base de datos para motores turbohélice en cuanto a emisiones que se pueda referenciar y el equipo Gas Alert Max XT no detecta emisiones de NO_x.

- Aplicando las normas OSHA 29CFR 1910.146 para espacios reducidos y la Resolución 601 del 4 de abril de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial para analizar los contenidos porcentuales y por partículas por millón (ppm) de gases contaminantes; se determinó que los motores del tipo turbofan en cuanto a las cantidades en partículas por millón de CO, cumplen para las normas OSHA las cuales establecen un tiempo de exposición a este gas de 8 horas, por otro lado no cumplen para la Resolución 601 del 4 de abril de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial cuando el tiempo de

exposición al gas es el mismo. Para los niveles de oxígeno (O_2), metano (CH_4) y cantidades de sulfuro de hidrogeno (H_2S), los motores del tipo turbofan cumplen con las dos normas con respecto a los niveles reglamentarios correspondientes.

- Los motores del tipo turbohélice no cumplen con las normas OSHA 29CFR 1910.146 para espacios reducidos y la Resolución 601 del 4 de abril de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en cuanto a las cantidades en partículas por millón de CO ya que estos sobrepasan los niveles reglamentarios de exposición al gas. Para los niveles de oxígeno (O_2), metano (CH_4) y cantidades de sulfuro de hidrogeno (H_2S), los motores del tipo turbohélice cumplen con las dos normas con respecto a los niveles reglamentarios correspondientes.

- El modo ralentí o marcha mínima de los motores, tiene una duración de 5 minutos en la fase carreteo – salida; las cantidades totales de gases contaminantes fueron halladas al 7% del empuje máximo al despegue del motor según la ICAO. Para determinar las cantidades globales de gases contaminantes es necesario aplicar el reglaje del empuje del motor estipulado por la ICAO en las demás fases de vuelo.

- Los gases de efecto invernadero producidos por los motores de los aviones en el Aeropuerto el Dorado, generan solamente el 1.8% del total de gases de efecto invernadero que se producen en Bogotá.

- Las aerolíneas no se preocupan por el estado actual de los motores de sus aviones, en cuanto a la producción o emisión de gases contaminantes o de efecto invernadero ya que en el certificado tipo del motor se especifica que los requerimientos para la protección ambiental se realizan mediante el Anexo 16, Volumen II de la ICAO.

- Los últimos diseños de motores aeronáuticos por parte de los fabricantes, incorporan nuevas tecnologías para la protección del medio ambiente en donde se establecen bajas

emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero gracias a la optimización del consumo de combustible, así como la reducción de la huella de ruido.

- La cantidad total de CO en la fase de carreteo- salida, durante los primeros 5 minutos a un régimen de marcha mínima de los motores, en el aeropuerto diariamente es de 0.935 toneladas, es decir que en el año en esta misma fase la cantidad de CO será de 341. 21 toneladas, esta cantidad es la más representativa con respecto a las demás emisiones y representa un 66.56% de total de esta emisiones.

- Según los datos obtenidos los niveles de contaminación por parte de los motores turbofan no son relevantes, si se observa que se encuentran estos valores por debajo de los límites reglamentarios internacionales; pero se debe tener en cuenta que al comparar los valores de los datos obtenidos con los dados del IDEAM por ejemplo para los hidrocarburos sin quemar, estos presentan un índice de contaminación porque solamente es analizada la fase carreteo-salida durante los primeros 5 minutos.

- Los motores turbohélice representan el 18.92% del total de motores que operan en el aeropuerto, esto indica que la producción de smoke es significativa a la hora de evaluar el nivel de contaminación y de gases de efecto invernadero.

8. Recomendaciones

- Se debe establecer un procedimiento por parte de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil de Colombia, para realizar mediciones de las emisiones de gases en los motores aeronáuticos; con el fin de certificar su operación directamente en Colombia y poder llevar un control de contaminación para el mejoramiento de la calidad del aire que beneficiaría a la población aledaña al Aeropuerto El Dorado.
- Mediante análisis estadísticos y mediciones de gases contaminantes en el Aeropuerto El Dorado y sus alrededores; desarrollar estudios que unifiquen los procesos para determinar el grado de contaminación por los motores de los aviones, así como de los vehículos, fábricas y máquinas de combustión interna que operen en estas zonas.
- Desarrollar una política por parte de La Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil de Colombia, en cuanto a la contaminación por emisión de gases de los motores aeronáuticos y producción de gases de efecto invernadero, ya que en el Reglamento Aeronáutico Colombiano (RAC) en su parte décimo primera dedicada a las normas ambientales para aviación, solo se establecen las normas en cuanto al ruido que producen los motores de los aviones.
- Realizar investigaciones de este tipo en los principales aeropuertos del país, en donde exista cooperación entre las Universidades, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y La Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil de Colombia.

- Realizar investigaciones enfocadas a analizar el comportamiento en cuanto a las emisiones de los gases de los motores de los aviones, en las fases de vuelo de despegue, ascenso y aproximación de las aeronaves.
- Realizar investigaciones enfocadas a analizar el forzamiento radiactivo causado por las aeronaves.
- Sugerir a las aerolíneas comerciales controles internos, en cuanto a procedimientos de operación de sus aviones, con el fin de generar menos producción de gases contaminantes en las fases de carreteo y despegue.
- Renovación de las flotas de aviones de algunas aerolíneas comerciales que operan motores fabricados antes de 1986. La tecnología actual de los motores a reacción reduce las emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero.
- Reducción del contenido de azufre en el combustible JET A1, por parte de Ecopetrol, empresa dedicada a la venta de este combustible para las aeronaves comerciales.
- Optimización en las frecuencias de los vuelos por parte de las aerolíneas comerciales, esto evitaría emisiones de gases innecesarias en el Aeropuerto El Dorado.
- Creación de políticas que incentiven económicamente a las aerolíneas comerciales que disminuyan las emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero de sus flotas de aviones, así como de sanciones a las aerolíneas que ocasionen niveles de contaminación fuera de lo básico reglamentado.

Referencias Bibliográficas

- Honey Wellanaly Tics. (2008). Recuperado el 4 de mayo de 2014, de Manual del operador. Detector Multigas Gas Alert Max XT: <<[https://www.honeywellanalytics.com/Technical%20Library/AP/MaxXT/Manuals/GasAlertMax-XT_OpsManual\(D6171-0-EN\).pdf](https://www.honeywellanalytics.com/Technical%20Library/AP/MaxXT/Manuals/GasAlertMax-XT_OpsManual(D6171-0-EN).pdf)>>
- Actualidad 24 horas. (2014). Transporte aereo. Recuperado el 22 de marzo de 2014, de <<http://www.actualidad42horas.com>>
- Aerocivil. (2009). Llegada y salida de aeronaves al Aeropuerto el Dorado. Bogotá.
- Aerocivil. (2014). Reglamentos Aeronáuticos de Colombia. RAC 11 Normas Ambientales para la Aviación Civil. Recuperado el 14 de abril de 2014, de <<http://www.aerocivil.gov.co/AAeronautica/Rrglamentacion/RAC/Paginas/Inicio.aspx>>
- Bloodhound ssc. (2013). Los Motores. Recuperado el 19 de marzo de 2014, de <<http://www.bloodhoundssc.com/project/car/engines/jet-engine>>
- Bradley T, H. (2007). Development and experimental characterization of a fuel-cell powered aircraft. . Londres: Journal of Power Sources, (171), 793-801.
- CFM. (2012). Turbofan. Recuperado el 19 de abril de 2014, de <<http://www.cfmaeroengines.com/engines/cfm56-5b>>
- Comisión de las Comunidades Europeas. (1999). Comunicado N° 51999DC0640. Transporte aéreo y medio ambiente: retos del desarrollo sostenible. Bruselas.
- Comisión Europea. (2006). Emisiones de gases de los aviones. España.
- Cuesta Álvarez, M. (2001). Motores de Reacción. Paraninfo Thomson: Barcelona.

Deutsche Welle. (2007). Volar sin contaminar el cielo. Recuperado el 28 de abril de 2014, de <<http://www.dw.de/volar-sin-contaminar-el-cielo/a-2370629>>

Diario El Colombiano. (2012). Compar de Aviones por parte de Avianca Taca. Recuperado el 9 de febrero de 2014, de <http://www.elcolombiano.com/BancoConocimiento/A/avianca_taca_compra_51_aviones/avianca_taca_compra_51_aviones.asp>

Diario El Espectador. (2013). Emisiones de gases en la Ciudad de Bogotá. Bogotá.

Diario El Poratfolio. (2013). Compra de Aviones Avianta Taca. Recuperado el 10 de febrero de 2014, de <<http://www.portafolio.co/negocios/flota-aviones-avianca>>

Easy jet. (2009). Reducir emisiones contaminantes en el aire. Recuperado el 23 de abril de 2014, de <<http://www.easyjet.com>>

Ecointeligencia. (2013). Desarrollo sostenible. Recuperado el 11 de abril de 2014, de <<http://www.ecointeligencia.com/wp-content/uploads/2012/04/desarrollo-sostenible.png>>

European Environment Agency. (2013). Producción de contaminación ambiental. Recuperado el 8 de marzo de 2014, de <<http://www.eea.europa.eu/>>

Graichen, J & Gugele, B. (2006). Greenhouse Gas Emissions from Aviation. UEA: ETC/ACC. Boston: UEA.

Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el cambio Climático, IPCC. (1999). La Aviación y la Atmósfera Global. Ginebra: IPCC. Ginebra: IPCC.

Hansen,H. (2012). ater vapor confirmed as major player in climate change. Recuperado el 8 de mayo de 2014, de <http://www.nasa.gov/topics/earth/features/vapor_warming.html>

- IPCC. (2007). Informe del Grupo de Trabajo III, IPCC. Informe del Grupo de Trabajo III, IPCC. (2007). *Documento Putting Aviation's Emissions in Context*. Boston.
- IPCC. (2013). Intergovernmental panel on climate change. Recuperado el 23 de mayo de 2014, de <http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/figure-spm-2.html>
- Martinez Bencardino,C. (2003). *estadística y Muestreo*. Bogotá: Ecoe.
- MSPC. (2012). Ciclo ideal del Brayton. Recuperado el 9 de mayo de 2014, de <<http://www.mspc.eng.br/termo/termod0530.shtml>>
- Nasa. (2014). Motores a reacción de compresión mecánica y demás dispositivos. Recuperado el 22 de marzo de 2014, de <<http://www.grc.nasa.gov>>
- Organización Internacional de Aviación Civil, ICAO. (2007). *Guidance on the balanced approach to Aircraft Noise Management*.Montreal: ICAO.Montreal: ICAO.
- OSHA. (2001). Normas OSHA 29 CFR 1910.146. Recuperado el 9 de abril de 2014, de <https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9797>
- Pons, S., Martínez, J., Martínez, M. (2010). Movilidad y sostenibilidad en el transporte aéreo: las compañías de bajo coste en los destinos turísticos de España y Baleares: *Revista Transporte y Territorio*, Universidad de Buenos Aires (2), 68-98.
- PWC. (2012). Motores. Recuperado el 9 de abril de 2014, de <<http://www.pwc.ca/en/engines/pw127m>>
- Ramaswamy,C. (2009). *Forzamiento radioactivo*. Bogotá.
- Resolución 601. (2006). Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia. Bogotá.
- Revista Transporte y Territorio*. (2011). *Movilidad y sostenibilidad en el transporte aereo*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.

- Rolls Royce. (2013). Motores a reacción. Recuperado el 22 de marzo de 2014, de <http://www.rolls-royce.com/civil_aerospace/default.jsp>
- Rolls Royce. (1996). The Jet Engine. Mexico: Derby: Rolls-Royce plc.
- Saravanamuttoo, H., Rogers, G. y Cohen, H. (2001). Gas Turbine Theory. Mexico: Pearson editorial.
- Sepulveda, M. (2013). Efecto invernadero. Recuperado el 6 de marzo de 2014, de <<http://efectoinvernaderotierra.blogspot.com/>>
- Solomón, G. (2007). Efecto Invernadero. Argentina.
- Take of briefing. (2012). Llama y patrón de flujo del aire. Recuperado el 11 de abril de 2014, de <www.takeoffbriefing.com>
- Trenberth, K.E., Fasullo, J.T., Kiehl, J. (2009). *Earth's global energy budget. Bulletin of the American Meteorological Society*. Texas: American Meteorological Society, (90), 311-323
- Airportwatch, (2013). Lord Stern says the EU must halve its CO2 emissions by 2030 – not just cut by 40%. Recuperado el 13 de octubre de 2014, de <<https://www.airportwatch.org.uk/lord-stern-says-the-eu-must-its-co2-emissions-by-20130-not-just-cut-by-40/>>
- Consumer. (2005). La Asociación Británica de Aviación Sostenible trabaja en un avión que reducirá en un 50% las emisiones de CO2. Recuperado el 13 de octubre de 2014, de <http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/2005/07/01/143425.php>
- EPSRC. (2011). El cambio climático y el futuro del viaje aéreo. Recuperado el 13 de octubre de 2014, de <<http://www.solociencia.com/ecologia/05031402.htm>>
- ScienceDaily. (2006). Device Burns Fuel With Almost Zero Emissions. Georgia: Power Engineering, (110), 16-20.

Segal,H. (1981). Aircraft pollution in the vicinity of airports. Washington: AIAA Meeting Papers, AIAA 81-0309.

EPA. (2005). Control of Air Pollution From Aircraft and Aircraft Engines; Emission Standards and Test Procedures. Lanham: The Federal Register Find70, 221

Anexos

Anexo A. Cartas de solicitud a las aerolíneas para la toma de datos



Bogotá, Marzo 3 de 2014

Ingeniero.
Dario Pineda
 Gerente Ingeniería de Motores
 Avianca S.A
 Ciudad

Respetado Ingeniero.

Reciba un cordial saludo por parte de la Fundación Universitaria Los Libertadores, deseando que sus actividades de trabajo tengan el mayor de los éxitos.

Actualmente el programa de Ingeniería Aeronáutica ha venido desarrollando una serie de proyectos de investigación enfocados al área de la propulsión de aeronaves y cohetes; algunos de estos proyectos se encuentran en la fase de toma de datos estadísticos para los respectivos análisis y posteriores diseños. Uno de estos proyectos es el proyecto de investigación " Estudio de Impacto para el Análisis de las Emisiones de Gases en los Motores de los Aviones". Este proyecto se encuentra en la fase donde es necesario realizar el análisis de los gases por medio de un equipo que caracteriza las emisiones de los motores.

Por tal motivo pedimos su valiosa colaboración para poder realizar esta toma de datos en los motores de los aviones; teniendo en cuenta que la universidad posee el equipo para dichas mediciones y que lo único que se necesita para la prueba son los gases de escape emitidos por los motores a marcha mínima. Para la toma de datos son necesarios 15 minutos solamente, esta prueba se llevará a cabo si se permite bajo las distancias y normas específicas de seguridad, en ningún momento se tendrá contacto directo con el motor de la aeronave.

Agradecemos de antemano su colaboración para así continuar con el buen desarrollo de los proyectos y quedamos a la espera de sus valiosos comentarios.

Cordialmente,

Ing. Francisco Javier González Cruz
 Jefe Área Diseño y Mantenimiento Aeronáutico
 Programa de Ingeniería Aeronáutica

Carrera 16 No. 63A - 68 / Bogotá D.C. Colombia
 Tels. (571) 254 47 50 - 254 47 97
www.ulibertadores.edu.co



Certificado ISO 9001:2015
 Proceso de Dirección y Apoyo

Bogotá, Marzo 3 de 2014

Señor Coronel.
Oscar Zuluaga
Director de Mantenimiento
SATENA S.A
Ciudad

Respetado Señor Coronel.

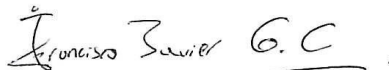
Reciba un cordial saludo por parte de la Fundación Universitaria Los Libertadores, deseando que sus actividades de trabajo tengan el mayor de los éxitos.

Actualmente el programa de Ingeniería Aeronáutica ha venido desarrollando una serie de proyectos de investigación enfocados al área de la propulsión de aeronaves y cohetes; algunos de estos proyectos se encuentran en la fase de toma de datos estadísticos para los respectivos análisis y posteriores diseños. Uno de estos proyectos es el proyecto de investigación " Estudio de Impacto para el Análisis de las Emisiones de Gases en los Motores de los Aviones". Este proyecto se encuentra en la fase donde es necesario realizar el análisis de los gases por medio de un equipo que caracteriza las emisiones de los motores.

Por tal motivo pedimos su valiosa colaboración para poder realizar esta toma de datos en los motores de los aviones; teniendo en cuenta que la universidad posee el equipo para dichas mediciones y que lo único que se necesita para la prueba son los gases de escape emitidos por los motores a marcha mínima. Para la toma de datos son necesarios 15 minutos solamente, esta prueba se llevará a cabo si se permite bajo las distancias y normas específicas de seguridad, en ningún momento se tendrá contacto directo con el motor de la aeronave.

Agradecemos de antemano su colaboración para así continuar con el buen desarrollo de los proyectos y quedamos a la espera de sus valiosos comentarios.

Cordialmente,



Ing. Francisco Javier González Cruz
Jefe Área Diseño y Mantenimiento Aeronáutico
Programa de Ingeniería Aeronáutica

Carrera 16 No. 63A - 68 / Bogotá D.C. Colombia
Tels. (571) 254 47 50 - 254 47 97
www.ulibertadores.edu.co



Certificado ISO 9001:2008
Procesos de Dirección y Apoyo



Anexo B. Ficha técnica del combustible Jet A-1

NUESTROS PRODUCTOS



Jet A-1

Línea de producto: Combustibles

Descripción

El Jet A-1, también conocido como turbocombustible, turbosina o JP-1A, es un destilado medio proveniente de la destilación atmosférica del petróleo, con características especiales de calidad, que es tratado químicamente para eliminar compuestos azufrados tales como sulfuros, mercaptanos y ácidos nafténicos, que pueden tener un comportamiento corrosivo.

Usos

Está diseñado para utilizarse como combustible para aviones con turbinas tipo propulsión o jet.

Precauciones de uso y manejo

Se clasifica como un líquido inflamable clase II de acuerdo con la Norma 321 de la NFPA (National Fire Protection Association), por lo cual debe tenerse especial cuidado y es indispensable cumplir con los estándares establecidos para el diseño de los tanques de almacenamiento, tuberías y llenaderos.

Cuando se diseñen plantas de almacenamiento, estaciones de servicio o cualquier otra instalación para el manejo de esta gasolina, deben aplicarse las normas NFPA en lo relacionado con la protección contra incendios, las normas API (American Petroleum Institute) y las reglamentaciones expedidas por las autoridades de control, tanto nacionales como regionales y locales.

No es recomendable dar a este producto usos diferentes del mencionado, debido a que los vapores que genera son más pesados que el aire, por lo tanto tienden a depositarse en lugares bajos donde están localizadas normalmente fuentes de ignición tales como pilotos de estufas, interruptores de corriente eléctrica, tomas de corriente y puntos calientes tales como lámparas incandescentes, los cuales pueden producir incendios y explosiones.

Este combustible debe manejarse con especial cuidado, puesto que la contaminación con otros productos altera sustancialmente sus características y lo hace inservible como combustible de aviación. Asimismo, es importante evitar su contaminación con partículas o sólidos, o con cualquier suciedad de la atmósfera.

CAS: 8000-20-6

Logística de venta

Se entrega a distribuidores mayoristas y estaciones de servicio de aviación en los puntos de salida del sistema de poliductos, carrotanques o buque-tanques.

NUESTROS PRODUCTOS



Sitio de producción

Se produce en las refinerías de Barrancabermeja y Cartagena.

Especificaciones técnicas

Jet A-1

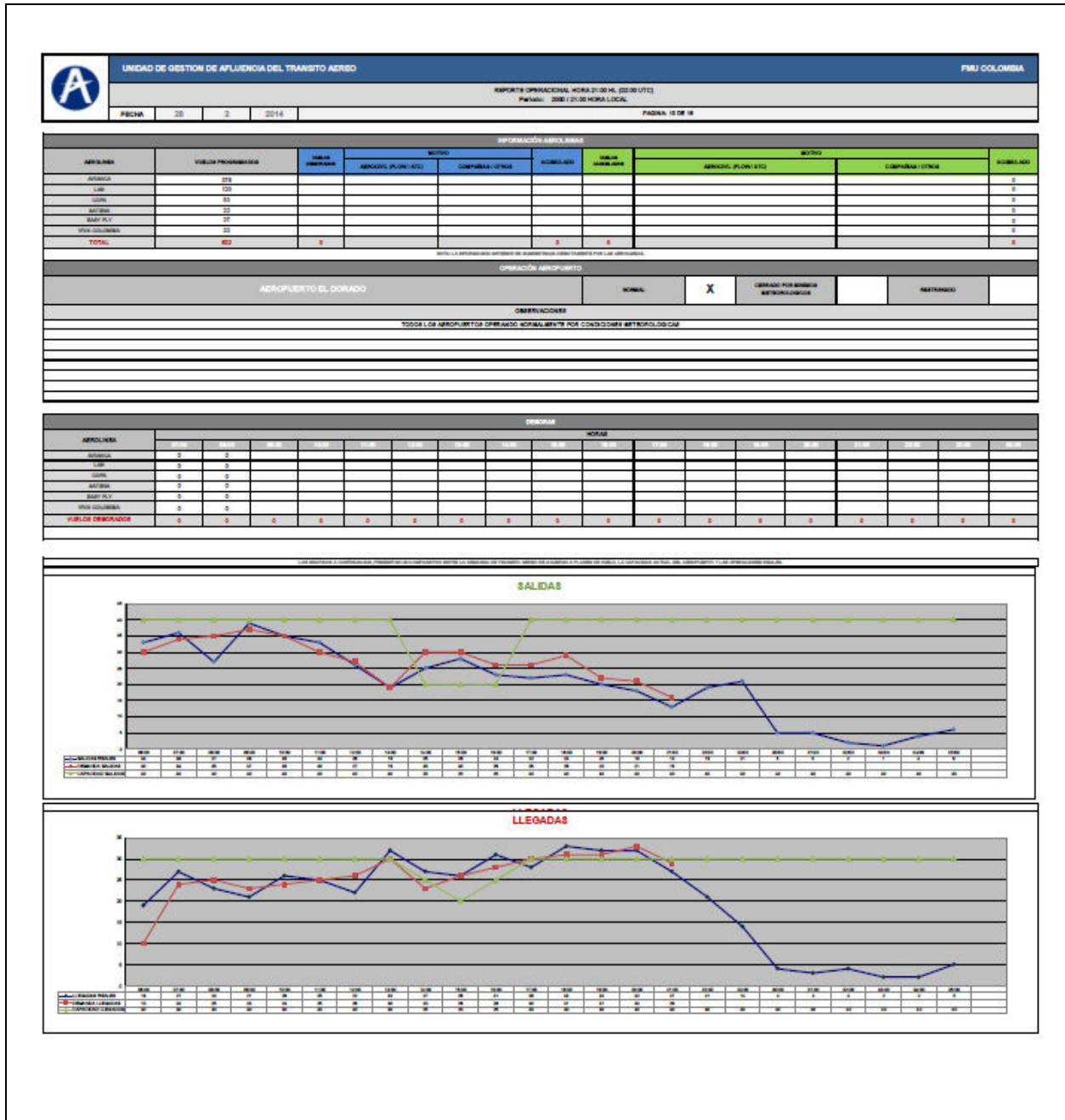
PROPIEDADES / CARACTERÍSTICAS	UNIDADES	MÉTODO	ESPECIFICACIÓN	
			Mínimo	Máximo
Acidez	mg KOH/g	D 3242		0,1
Aromáticos	mL/100 mL	D 1319 (1)		25
Azufre total	g/100 g	D 4294 (2)		0,30
Azufre mercaptano	g/100 g	D 3227		0,003
Calor neto de combustión	MJ/kg	D 4529 (3)	42,8	
Apariencia	N/A	Visual	Clara y Brillante	
Color Saybolt	N/A	ASTM D 156	Reportar	
Corrosión lámina de cobre, 2 h a 100°C	Clasificación	D 130		1 (4)
Densidad a 15°C	kg/m ³	D 4052 (5)	775	840
Estabilidad térmica		D 3241		
Caída de presión en el filtro	kPa(mm Hg)			3,3 (25)
Depósito en el tubo	N/A			<3
Destilación		D 86		
Punto Inicial de ebullición	°C		Reportar	
10% vol. recuperado	°C			205
50% vol. recuperado	°C		Reportar	
90% vol. recuperado	°C		Reportar	
Punto final de ebullición	°C			300
Residuo de destilación	mL/100 mL			1,5
Pérdidas de destilación	mL/100 mL			1,5
Goma existente	mg/100 mL	D 381		7
Punto de Inflamación	°C	D 56	38	
Punto de congelación	°C	D 2386 (6)		-47
Propiedades de combustión:				
Punto de humo	mm	D 1322	18	
Naftalenos	mL/100 mL	D 1840		3
Viscosidad cinemática a -20°C	mm ² /s	D 445		8
Índice de separación de agua, MSEP	N/A	D 3948		
Sin aditivo de conductividad eléctrica			85	

Notas:

- (1) Métodos alternos D-6379 donde el máximo debe ser 26.5% vol.
- (2) Métodos alternos: D-2622, D-5453.
- (3) Métodos alternos D-3338 ó D-4809.
- (4) El valor 1 se refiere a valores 1a o 1b.
- (5) Método alternativo D 1298.
- (6) Método alternativo D 5972.

Fuente. Ecopetrol 2014

Anexo C. Reporte operacional en el aeropuerto El Dorado para el día 28 de Febrero de 2014 por Aerocivil y tabla resumen para el mes de Febrero de 2014.



VUELOS PROGRAMADOS PARA LAS AEROLINEAS NACIONALES
SALIDAS Y LLEGADAS REALES EN EL AEROPUERTO EL DORADO EN EL MES DE FEBRERO DE 2014

DIAS DE FEBRERO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	TOTAL
AVIANCA	381	366	412	404	406	406	407	383	350	385	393	374	390	381	359	343	385	383	376	450	373	357	342	377	374	371	382	378	10688
LAN	90	94	126	121	122	122	126	91	93	126	123	123	123	122	91	92	125	124	122	124	124	90	91	125	124	122	126	120	3202
COPA	55	100	53	50	50	50	50	55	53	55	30	55	105	50	55	50	55	50	55	155	50	55	50	55	50	53	53	53	1650
SATENA	21	23	39	38	45	45	43	20	22	20	32	38	37	43	20	23	40	34	44	38	29	9	12	20	48	38	36	22	879
EASYFLY	14	20	19	25	20	20	22	21	10	22	29	23	28	21	17	11	21	31	20	30	29	20	11	18	24	17	30	27	600
VIVA COLOMBIA	22	22	20	16	20	20	22	22	22	22	22	16	22	22	20	20	20	18	18	16	22	20	20	20	16	20	20	22	562
SALIDAS REALES	365	391	425	397	402	402	427	370	306	465	415	447	454	487	347	438	457	396	480	402	460	328	320	480	450	412	401	483	11607
LLEGADAS REALES	336	385	377	408	405	403	427	364	322	448	404	462	472	472	351	379	455	407	481	436	465	345	323	438	455	430	402	486	11538
OPERACIONES	701	776	802	805	807	805	854	734	628	913	819	909	926	959	698	817	912	803	961	838	925	673	643	918	905	842	803	969	23145

Valores tomados de www.aerocivil.gov.co/ServNavAerea/Paginas/OperacionesAereas.aspx

Fuente. Aeronáutica Civil 2014

Anexo D. Reporte operacional en el aeropuerto El Dorado para el primer trimestre del 2014 por OPAIN S.A

MES	FECHA	CLASE DE VUELO			Operaciones Aereas pasajeros y carga		
		INTERNACIONAL	NACIONAL	GRAN TOTAL	Aterrizajes	Despegues	TOTAL
ENERO		372.540	703.416	1.075.956	11.409	11.453	22.862
	1 de enero de 2014	12.216	18.747	30.963	327	337	664
	2 de enero de 2014	12.614	24.867	37.481	363	365	728
	3 de enero de 2014	13.871	24.601	38.472	374	367	741
	4 de enero de 2014	14.594	20.867	35.461	334	339	673
	5 de enero de 2014	13.761	17.923	31.684	309	308	617
	6 de enero de 2014	13.968	20.953	34.921	353	359	712
	7 de enero de 2014	13.144	22.890	36.034	380	383	763
	8 de enero de 2014	13.146	21.359	34.505	380	381	761
	9 de enero de 2014	11.849	23.062	34.911	389	390	779
	10 de enero de 2014	12.762	23.831	36.593	384	385	769
	11 de enero de 2014	12.164	20.200	32.364	351	347	698
	12 de enero de 2014	13.402	19.183	32.585	332	340	672
	13 de enero de 2014	12.826	22.116	34.942	365	362	727
	14 de enero de 2014	11.008	23.145	34.153	374	370	744
	15 de enero de 2014	12.545	23.148	35.693	370	382	752
	16 de enero de 2014	11.148	25.092	36.240	392	389	781
	17 de enero de 2014	12.385	25.381	37.766	383	384	767
	18 de enero de 2014	11.387	20.923	32.310	345	345	690
	19 de enero de 2014	12.655	20.260	32.915	334	334	668
	20 de enero de 2014	11.901	24.591	36.492	382	377	759
	21 de enero de 2014	9.779	24.762	34.541	375	386	761
	22 de enero de 2014	11.197	24.056	35.253	386	383	769
	23 de enero de 2014	10.355	25.043	35.398	392	394	786
	24 de enero de 2014	12.010	25.522	37.532	387	392	779
	25 de enero de 2014	10.475	20.695	31.170	363	362	725
	26 de enero de 2014	11.619	20.075	31.694	332	332	664
	27 de enero de 2014	10.973	23.709	34.682	380	383	763
	28 de enero de 2014	9.564	23.016	32.580	391	394	785
	29 de enero de 2014	10.860	23.085	33.945	387	388	775
	30 de enero de 2014	10.380	24.776	35.156	397	402	799
	31 de enero de 2014	11.982	25.538	37.520	398	393	791
FEBRERO		304.331	658.393	962.724	10.169	10.248	20.417
	1 de febrero de 2014	11.152	20.797	31.949	401	361	762
	2 de febrero de 2014	11.904	19.951	31.855	330	340	670
	3 de febrero de 2014	12.253	23.182	35.435	382	379	761
	4 de febrero de 2014	9.653	22.315	31.968	383	389	772
	5 de febrero de 2014	11.239	23.821	35.060	370	381	751
	6 de febrero de 2014	10.297	25.392	35.689	386	389	775
	7 de febrero de 2014	11.037	26.605	37.642	389	393	782
	8 de febrero de 2014	10.756	21.011	31.767	351	351	702
	9 de febrero de 2014	11.346	20.342	31.688	332	341	673
	10 de febrero de 2014	11.147	23.341	34.488	364	358	722
	11 de febrero de 2014	9.295	23.180	32.475	373	377	750
	12 de febrero de 2014	10.120	24.138	34.258	362	365	727
	13 de febrero de 2014	9.884	25.755	35.639	379	384	763
	14 de febrero de 2014	11.997	27.195	39.192	373	376	749
	15 de febrero de 2014	10.596	20.408	31.004	336	331	667
	16 de febrero de 2014	11.607	20.166	31.773	322	330	652
	17 de febrero de 2014	11.542	23.892	35.434	363	369	732
	18 de febrero de 2014	9.631	23.131	32.762	378	376	754
	19 de febrero de 2014	10.080	24.117	34.197	372	373	745
	20 de febrero de 2014	10.242	26.507	36.749	377	379	756
	21 de febrero de 2014	11.783	27.774	39.557	366	372	738
	22 de febrero de 2014	10.274	20.216	30.490	337	338	675
	23 de febrero de 2014	11.685	19.778	31.463	319	324	643
	24 de febrero de 2014	11.083	24.255	35.338	361	364	725
	25 de febrero de 2014	9.782	23.068	32.850	358	363	721
	26 de febrero de 2014	10.608	24.824	35.432	363	368	731
	27 de febrero de 2014	10.512	25.394	35.906	364	364	728
	28 de febrero de 2014	12.826	27.838	40.664	378	413	791
MARZO		330.803	717.621	1.048.424	10.941	10.992	21.933
	1 de marzo de 2014	11.130	21.432	32.562	375	343	718
	2 de marzo de 2014	11.731	19.373	31.104	325	333	658
	3 de marzo de 2014	9.901	22.277	32.178	353	350	703
	4 de marzo de 2014	10.285	22.954	33.239	377	380	757
	5 de marzo de 2014	11.199	23.560	34.759	373	375	748
	6 de marzo de 2014	9.501	24.381	33.882	373	372	745
	7 de marzo de 2014	10.350	23.743	34.093	356	359	715

Fuente. OPAIN S.A 2014

Anexo E. Certificado tipo para el motor Turbofan CFM56-5

 EASA European Aviation Safety Agency		Scan to verify version & source of information 
EASA.E.067		
Description:	E.067 CFM International S.A. - CFM56-5 series engines	
Language:	English	
TCDS:	EASA.E.067	
Product type:	Engine (CS-E)	
Manufacturer/TC Holder:	CFM International S.A.	
European Aviation Safety Agency: Ottoplatz 1, D-50679 Cologne, Germany - easa.europa.eu		
<i>An agency of the European Union</i> 		

Fuente. European Aviation Safety Agency

European Aviation Safety Agency

EASA
TYPE CERTIFICATE
DATA SHEET

Number : E.067
Issue : 01
Date : 18 May 2009
Type : CFM International SA
CFM56-5 series engines

Variants:

CFM56-5	CFM56-5, CFM56-5-A1/F (originally identified as CFM56-5A2), CFM56-5A3, CFM56-5A4, CFM56-5A4/F, CFM56-5A5, CFM56-5A5/F
---------	---

List of Effective Pages:

Page	1	2	3	4	5	6	7	8										
Issue	1	1	1	1	1	1	1	1										

Page intentionally left blank

I. General**1. Type/Variants:**

CFM56-5	CFM56-5, CFM56-5-A1/F, CFM56-5A3, CFM56-5A4, CFM56-5A4/F, CFM56-5A5, CFM56-5A5/F
---------	--

2. Type Certificate Holder:

CFM International S.A.
2, boulevard du Général Martial Valin
F-75724 Paris Cedex 15
France

Design Organisation Approval No.: EASA.21J.086

3. Manufacturers:

SNECMA 10 allée du Brévent CE 1420 - Courcouronnes F-91019 Evry Cedex France	GE Aviation One Neumann Way Cincinnati - Ohio 45215 United States of America
--	---

4. EASA Certification Application Date:

CFM56-5	06 September 1984 (*)
CFM56-5-A1/F (originally identified as CFM56-5A2), CFM56-5A3	15 December 1988 (*)
CFM56-5A4, CFM56-5A4/F, CFM56-5A5, CFM56-5A5/F	03 February 1994 (*)

(*) = Application was made to DGAC-France before EASA was established – See note 7

5. Certification Reference Date: 06 September 1984**6. EASA Certification Date:**

CFM56-5	27 August 1987
CFM56-5-A1/F (originally identified as CFM56-5A2), CFM56-5A3	05 February 1990
CFM56-5A4, CFM56-5A4/F, CFM56-5A5, CFM56-5A5/F	27 February 1996

II. Certification Basis**1. EASA Certification Basis:****1.1 Airworthiness Standards:**

CFM56-5	JAR-E Change 6 (28 August 1981 – based on Section C, Issue 13 of British Civil Airworthiness Requirements) as amended by BCAR Paper N° C791 (18 April 1984)
CFM56-5-A1/F, CFM56-5A3, CFM56-5A4, CFM56-5A4/F, CFM56-5A5, CFM56-5A5/F	JAR-E Change 6 (28 August 1981 – based on Section C, Issue 13 of British Civil Airworthiness Requirements) as amended by BCAR Paper N° C791 (18 April 1984) and NPA-E-10 "Approval of Engines and Associated Equipment"

1.2 Special Conditions:

CFM56-5A4, CFM56-5A4/F, CFM56-5A5, CFM56-5A5/F	S.C. N° 1, Bird Strikes: 1134 g (2.5 lbs) Bird Ingestion Test S.C. N° 2, Ingestion of Rain and Hail: Rain and Hail Ingestion in accordance with AIA Advisory Proposal PC 338-1
---	---

1.3 Equivalent safety findings: None1.4 Deviations: None1.5 EASA environmental protection requirements: ICAO Annex 16, Volume II, First Edition, 18th February 1982**III. Technical Characteristics****1. Type Design Definition:**

Engine type is identified by an engine part list reference and an engine identification plug reference:

	Engine part list reference
CFM56-5	9324M40G01 through G06
CFM56-5-A1/F	9324M40G03 through G06
CFM56-5A3	9324M40G03 through G06
CFM56-5A4, CFM56-5A4/F, CFM56-5A5, CFM56-5A5/F	9324M40G05 and G06

	Engine identification plug kit reference
CFM56-5	336-404-501-0; 336-404-502-0; 336-404-503-0; 336-404-504-0; 336-404-505-0; 336-404-506-0; 336-404-510-0; 336-404-511-0
CFM56-5-A1/F	336-404-520-0; 336-404-525-0; 336-404-521-0; 336-404-526-0; 336-404-545-0
CFM56-5A3	336-404-530-0; 336-404-535-0; 336-404-531-0; 336-404-536-0
CFM56-5A4	336-414-201-0; 336-414-202-0; 336-414-205-0; 336-414-206-0
CFM56-5A4/F	336-414-210-0; 336-414-215-0
CFM56-5A5	336-414-220-0; 336-414-221-0; 336-414-225-0; 336-414-226-0
CFM56-5A5/F	336-414-230-0; 336-414-235-0

2. Description:

Dual rotor, axial flow, high bypass ratio turbofan engine:

- single stage fan, 3-stage low pressure compressor (LPC), 9-stage high pressure compressor (HPC)
- annular combustion chamber
- single stage high pressure turbine (HPT), 4-stage low pressure turbine (LPT)
- dual channel full authority digital engine control (FADEC)

3. Equipment:

The engine starter is part of the engine type design.

4. Dimensions (mm):

	Length (*)	Width	Height
CFM56-5, CFM56-5-A1/F, CFM56-5A3, CFM56-5A4, CFM56-5A4/F, CFM56-5A5, CFM56-5A5/F	2422	1908	2101

(*) = From fan casing forward flange to turbine frame aft flange

5. Weight (kg):

CFM56-5, CFM56-5-A1/F, CFM56-5A3, CFM56-5A4, CFM56-5A4/F, CFM56-5A5, CFM56-5A5/F	2331
---	------

Dry engine = Basic engine, its accessories and optional accessories, as well as engine condition monitoring equipment

6. Ratings (daN):

	Take Off	Maximum Continuous (d)
CFM56-5, CFM56-5-A1/F	11120 (a)	10540
CFM56-5A3	11787 (a)	10540
CFM56-5A4, CFM56-5A4/F	9786 (b)	9195
CFM56-5A5, CFM56-5A5/F	10453 (c)	9195

Constant thrust for ambient temperature below: (a): 30°C, (b): 45°C, (c): 37°C, (d): 25°C (See notes 1 and 2)

7. Control System:

The software is part of the Electronic Control Unit (ECU) Type Design – P/N 1459M55 at initial certification

8. Fluids**8.1 Fuel and Additives:**

Refer to the applicable engine "Specific Operating Instructions" document.

8.2 Oil:

Refer to the latest revision of CFM Service Bulletin CFM56-5 S/B 79-001.

9. Aircraft Accessory Drives:

Drive	Rotation	Gear ratio / HP rotor	Max. Power or Torque	Shear Torque (m.daN)	Overhung Moment (m.daN)
Aircraft Electrical Generator	CCW	0.595	135 kW	107	11.3
Aircraft Hydraulic Generator	CCW	0.256	17 m.daN	49.7	1.8

CCW = Counter Clock-Wise

10. Maximum Permissible Air Bleed Extraction:

Bleed location	LP rotor speed	Airflow limit
Bypass duct	All speeds above 20 % N1K	2 % of secondary airflow
HPC 5 th stage only	All speeds above 20 % N1K	10 % of primary airflow
HPC 9 th stage only	From 20% to 61 % of N1K	14 % of primary airflow
	From 61 % to 82.5 % of N1K	Linear variation between 14% and 7% of primary airflow
	Above 82.5 % of N1K	7% of primary airflow
HPC 5 th and 9 th stages combined	From 20% to 61 % of N1K	14 % of primary airflow
	From 61 % to 82.5 % of N1K	Linear variation between 14% and 10% of primary airflow
	Above 82.5 % of N1K	10% of primary airflow

IV. Operational Limits:**1. Temperature Limits:****1.1 Exhaust Gas Temperature (°C):**

The exhaust gas temperature is measured at station T49.5 (stage 2 LPT nozzle).

	Take Off	Take Off Transitory (20 seconds)	Maximum Continuous
CFM56-5, CFM56-5A4, CFM56-5A5	890	900	855
CFM56-5-A1/F, CFM56-5A3, CFM56-5A4/F, CFM56-5A5/F	915 (890 Indicated)	925 (900 Indicated)	880 (855 Indicated)

1.2 Oil Temperature (°C):

At the pressure pump outlet:

	Maximum Continuous	Maximum Transitory (15 minutes)
CFM56-5, CFM56-5-A1/F, CFM56-5A3, CFM56-5A4, CFM56-5A4/F, CFM56-5A5, CFM56-5A5/F	140	155

1.3 Fuel Inlet Temperature (°C):

At engine fuel pump inlet:

Minimum	- 45 with servo-fuel heater installed
Maximum	+ 49 (JET B or equivalent when boost pump inoperative) + 54.4 (JET A or equivalent)

1.4 Engine Equipment Temperatures:

Refer to the applicable engine "Installation Manual" document.

TCDS E.067 Issue 01, 18 May 2009	CFM International CFM56-5 Engines	page 7 of 8
2. Rotational Speed Limits (rpm):		
Maximum rotational speeds:		
	Low pressure rotor (N1)	High pressure rotor (N2)
CFM56-5, CFM56-5-A1/F, CFM56-5A3, CFM56-5A4, CFM56-5A4/F, CFM56-5A5, CFM56-5A5/F	5100 (102 %)	15183 (105 %)
Minimum rotational speed in icing condition:		
	High pressure rotor (N2)	
CFM56-5, CFM56-5-A1/F, CFM56-5A3, CFM56-5A4, CFM56-5A4/F, CFM56-5A5, CFM56-5A5/F	8500 (58.8 %)	
3. Pressure Limits:		
3.1 Fuel Pressure Limits:		
When the engine is running, the fuel pressure at engine pump inlet must be kept 37.9 kPa above the true vapour pressure of the fuel (Refer to the applicable engine "Installation Manual" document, section 5).		
3.2 Oil Pressure Limits:		
Minimum: 90 kPa (differential pressure)		
When the engine is running, the oil pressure varies with the rotating speed of the HP rotor (Refer to the applicable engine "Specific Operating Instruction" document).		
Engine operation with an oil pressure lower than the minimum is limited to 10 seconds maximum.		
4. Installation Assumptions:		
The installation assumptions are quoted in the applicable engine "Installation Manual" document.		
5. Time Limited Dispatch:		
Criteria pertaining to the dispatch and maintenance requirements for the FADEC engine control system are specified in CFM/GE Document No. GEK 98455.		
<u>V. Operating and Service Instructions</u>		
	CFM56-5, CFM56-5-A1/F, CFM56-5A3, CFM56-5A4, CFM56-5A4/F, CFM56-5A5, CFM56-5A5/F	
Turbofan Engine Installation Manual	CFM 2028	
Specific Operating Instructions	CFM TP.OI.11	
Engine Maintenance Manual	Refer to the Engine Section of the Appropriate Aircraft Maintenance Manual	
Engine Shop Manual	CFM TP.SM.7	

Fuente. European Aviation Safety Agency

VI. Notes

1. The take-off thrust, with the associated limits, shall not be used continuously more than 5 minutes. The duration may be extended to 10 minutes in case of engine failure in multi-engine aircraft. If the duration exceeds 5 minutes, this shall be recorded in the engine log book.

2. Engine ratings are based on calibrated test stand performance, and performance calculations are based on accepted parameter correction methods documented in the "Production Test Requirements" document. These calculations assume the following conditions:

- Static sea level standard conditions of 15°C and 101.32 kPa;
- No aircraft accessory loads or air extraction;
- No anti-icing; no inlet distortion; no inlet screen losses; and 100% ram recovery;
- Production acceptance inlet and cowling as defined in the Production Test Requirements.

3. The life limits of certain engine parts are defined in the applicable "Engine Shop Manual" document, chapter 5 "Airworthiness Limitations".

4. The type certificate holder, CFM International S.A., is a company jointly owned by SNECMA (France) and GE Aviation (USA). CFM International S.A. is responsible for the certification program, the sale and the customer support activities of the CFM56 engines. With respect to the benefits of type certification for production of series engines, SNECMA and GE Aviation function as licensees of CFM International S.A.

5. The engine assembly line is identified by a 3 digit prefix in the engine serial number: even number for GE Aviation and odd number for SNECMA.

6. The engine model number stamped on the engine identification plate may include a suffix to identify minor variations in relation with the aircraft application (by example CFM56-5-A1). Such model identification numbers are listed in CFM56-5 S/B 72-0001.

7. EASA Type Certificate and Type Certificate Data Sheet N°E.067 replace DGAC-France Type Certificates and Type Certificate Data Sheets N°M-IM19 and N°M15.

Anexo F. Certificado tipo para el motor TurbofanTrent 700



EASA

European Aviation Safety Agency

Scan to verify version & source of information



EASA.E.042

Description:	E.042 Rolls-Royce plc. RB211 Trent 700 series engines
Language:	English
TCDS:	EASA.E.042
Product type:	Engine (CS-E)
Manufacturer/TC Holder:	Rolls-Royce plc

European Aviation Safety Agency: Ottoplatz 1, D-50679 Cologne, Germany - easa.europa.eu

An agency of the European Union 

Fuente. European Aviation Safety Agency

European Aviation Safety Agency

**EASA
TYPE-CERTIFICATE
DATA SHEET**

Number : E.042
 Issue : 02
 Date : 29 November 2013
 Type : Rolls-Royce plc
 RB211 Trent 700 series engines

Variants
 RB211 Trent 768-60
 RB211 Trent 772-60
 RB211 Trent 772B-60
 RB211 Trent 772C-60

List of effective Pages:

Page	1	2	3	4	5	6	7	8	9									
Issue	2	2	2	2	2	2	2	2	2									

Intentionally left blank

I. General

1. Type/Variants: RB211 Trent 768-60, 772-60, 772B-60, 772C-60. These variants are approved for use on multi-engined civil aircraft classified in the Transport Category (Passenger) at the ratings and within the operating limitations specified below, subject to compliance with the powerplant installation requirements appropriate to approved installations.

2. Type Certificate Holder:

Rolls-Royce plc
PO Box 31
Derby DE24 8BJ
United Kingdom

3. Manufacturer: Rolls-Royce plc

4. Certification Application Date:

30 June 1991	30 June 1991	26 August 1997	06 May 2005
RB211 Trent 768-60	RB211 Trent 772-60	RB211 Trent 772B-60	RB211 Trent 772C-60

5. Certification Reference Date: 30 June 1991

6. EASA Certification Date: 24 January 1994 for RB211 Trent 768-60 (refer to note 11)
18 March 1994 for RB211 Trent 772-60 (refer to note 11)
11 September 1997 for RB211 Trent 772B-60 (refer to note 11)
06 March 2006 2006 for RB211 Trent 772C-60

II. Certification Basis

1. Airworthiness Standards:

- JAR-E, change 8, dated 4 May 1990.
- Orange Paper E/91/1
- Emissions and Fuel Venting:

Initial approval:
ICAO Annex 16 Volume II (first edition 1981)

Approved 14 Dec 2012:
EASA CS-34 Issue dated 17.10.2003
ICAO Annex 16, Volume II (Third Edition, including Amendment 7),
for NOx: NOx Standard in accordance with Part III, Chapter 2, § 2.3.2, d) (CAEP/8)

2. Special Conditions:

- JAR-E 790 Ingestion of Rain
- JAR-E 790 Ingestion of Hail

3. Deviations:

- JAR-E890(a) Engine Calibration in Reverse Thrust – Exemption
- JAR-E 570(a)(3) Scavenge pump inlet strainers - Exemption

4. Equivalent Safety Findings:

- JAR-E740(f) Speed Limitation at Maximum Continuous Rating

- JAR-E800(c) Number of medium birds (NPA-E-12 ref Orange Paper E/93/1)

III. Technical Characteristics

1. Type Design Definition:

The build standards are defined in the following Drawing Introduction Sheet (DIS) or later approved issues:

DIS 2150 Issue 3 for Trent 768-60
DIS 2141 Issue 2 for Trent 772-60
DIS 2179 Issue 1 for Trent 772B-60
DIS 2276 Issue 2 for Trent 772C-60

2. Description:

The Trent 700 engine is a three shaft high bypass ratio, axial flow, turbofan with Low Pressure, Intermediate Pressure and High Pressure Compressors driven by separate turbines through coaxial shafts. The LP Compressor consists of 28-off Wide Chord Fan Blades. The combustion system consist of a single annular combustor, with 24-off Fuel Spray Nozzles. The LP, IP and HP assemblies rotate independently, and in an anti-clockwise direction when viewed from the rear of the engine. The Compressor and Turbine have the following features-

Compressor	Turbine
LP – Single stage	LP – 4 stage
IP – 8 stage	IP – single stage
HP – 6 stage	HP – single stage

The engine control system utilises an EEC (Electronic Engine Controller) which has an airframe interface for digital communications (ARINC).

3. Equipment:

For details of equipment included in the type design definition: refer to the appropriate engine DIS
For details of equipment supplied by the Airframe TC holder : refer to the appropriate engine DIS

The engine DIS includes the starter motor and Thrust Reverser Unit, and all engines are approved for reverse thrust operation.

4. Dimensions:

Overall Length (mm)	5639
Maximum Radius (mm)	1372

Length- tip of spinner minus rubber tip to rear of CNA
Radius- from centre line, not including drains mast.

5. Dry Weight:

Dry engine weight (kg)	6160
------------------------	------

(Not including fluids and Nacelle EBU)

6. Ratings:

The ISA sea-level static thrust ratings are:-

Rating		768-60	772-60	772B-60	772C-60
Thrust, kN (lbf)	Take-off (net) (5 minutes)	300.3 (67,500)	316.3 (71,100)	316.3 (71,100)	316.3 (71,100)
	Equivalent Bare Engine Take-off	304.3 (68400)	320.3 (72,000)	320.3 (72,000)	320.3 (72,000)
	Maximum Continuous (net)	288.7 (60410)	282.7 (63,560)	282.7 (63,560)	282.7 (63,560)

Refer to Note 1, 2, 12 & 13.

7. Control System:

The engine is equipped with a Full Authority Digital Engine Control (FADEC) system.

Electronic Engine Control System , part number- EEC2000-04AS1 or later approved standard.

Software Standard – EEC A6.2 or later approved standard for RB211 Trent 768-60 and 772-60
EEC A9.0 or later approved standard for RB211 Trent 772B-60
EEC A12.5 or later approved standard for RB211 Trent 772C-60

Refer to the Installation Manual and Operating Instructions for further information.

Refer to notes 3 & 4.

8. Fluids**8.1 Fuel**

Refer to the Operating Instructions for information on approved fuel and additive specifications for the Trent 700.

8.2 Oil

Refer to the Operating Instructions for information on approved oil specifications for the Trent 700

9. Aircraft Accessory Drives:

The engine's accessory gearbox may be fitted with up to two hydraulic pumps and one Integrated Drive Generator to provide electrical and hydraulic power to the aircraft. These units are formally part of the airframe, and certified under JAR-25 regulations.

10. Maximum Permissible Air Bleed Extraction:

Environmental Control System Bleed ('Customer Bleed') is bled from IP8 off take at take-off, cruise and climb, and from HP6 at descent and idle ground conditions. Switch-over from IP8 to HP6 off take takes place automatically, dependant upon engine and atmospheric conditions . Powerplant Anti-icing Flow is bled from HP3 offtake at all conditions

The maximum allowable Customer Bleed and nacelle thermal anti-icing flow is given in the tables below. Bleed flows vary linearly between the points listed.

Customer Bleed Off takes for normal operation

Condition	CUSTOMER BLEED (HP8) %W26	CUSTOMER BLEED (IP8) %W24
Low Idle	11.6%	n/a
Switchover point (nominal 1.26 EPR)	5.2%	4.5%
Maximum Continuous	n/a	3.1%
Above Max Continuous	n/a	2.4%

Customer Bleed Off takes for abnormal operation

Condition	CUSTOMER BLEED (HP8) %W26	CUSTOMER BLEED (IP8) %W24
Low Idle	12.7%	n/a
Switchover point (nominal 1.26 EPR)	5.8%	5.3%
Maximum Continuous	n/a	4.0%
Above Max Continuous	n/a	2.9%

Note : W24 is IP compressor inlet flow and W26 is HP compressor inlet flow.

The nacelle thermal anti-icing flow demand (HP3) is modulated via a regulating valve to provide a flow function to the engine / nacelle.

Nacelle Thermal Anti-icing Bleed Off takes for normal and abnormal operation

TET (T41) K	NACELLE THERMAL ANTI-ICE BLEED (HP3) %W26
Low Idle to 1450	0.75%
Maximum Continuous	0.60%
Above Maximum Continuous	0.44%

Bleed is taken off the fan outlet to cool the air in the cabin bleed system pre-cooler

The maximum allowable pre-cooler flows are given in the table below. Bleed flows vary linearly between the points listed.

Pre-cooler flow for normal and abnormal operation

Condition	PRE-COOLER BLEED (LPC) %W120
Low Idle	1.23%
Maximum Continuous	1.23%
Above Maximum Continuous	0.96%

Note: W120 is fan inlet flow

IV. Operating Limitations:**1. Temperature Limits****1.1 Climatic Operating Envelope**

The engine may be used in ambient temperatures up to ISA +40°C. Refer to the Installation Manual for details of the Operating Envelope, including the air inlet distortion at the engine inlet.

1.2 Turbine Gas Temperature – Trimmed (°C)

Below 50% HP speed, maximum during starts on the ground:	700
Maximum during relights in flight:	850
Maximum for take-off (5 min. limit)	900
Maximum Continuous (unrestricted duration):	850
Maximum over-temperature (refer to note 5):	920

Refer to note 6.

1.3 Fuel temperature (°C)

Minimum fuel temperature in flight:	- 54 (or the fuel freeze point, whichever is higher.)
Minimum fuel temperature for ground starting:	- 54
Maximum fuel temperature:	55

Refer to note 7.

Refer to the Installation Manual for additional information.

1.4 Oil temperature (°C)

Combined oil scavenge temperature -

Minimum for engine starting:	-40
Minimum for acceleration to power:	20
Maximum for unrestricted use:	190

2. Pressure Limits**2.1 Fuel pressure kPa**

Minimum absolute inlet pressure (measured at engine inlet): 34.5 + Vapour Pressure

Maximum pressure at inlet (measured at the pylon interface):

(i)	Continuous:	414
(ii)	Transiently:	483
(iii)	Static:	1276

2.2 Oil pressure (kPa)

Minimum oil pressure:

(i)	Ground idle to 70% HP rpm	185
(ii)	Above 95% HP rpm	345

2.2.1 Maximum allowable Oil Consumption l/hr: 0.67

3. Maximum / Minimum Permissible Rotor Speeds

	HP	IP	LP
Reference speeds, 100% rpm	10611	7000	3900
Maximum for Take-off (5 minute limit, refer note 2, 8, 9)	100.0%	103.3%	99.0%
Maximum Overspeed (20-second limit, refer note 8, 9)	100.0%	103.3%	99.0%
Maximum Continuous See note 10, 9	99.1%	100.8%	98.2%

Stabilised operation in the speed range 51% to 74% NL is not permitted during static operations. Passing through this speed range while increasing or decreasing thrust is permitted.

4. Installation Assumptions:

Refer to Installation Manual for details.

5. Dispatch Limitations:

The engine has been approved for Time Limited Dispatch. The maximum justifiable rectification period for each dispatchable state is specified in the Installation Manual; no extension to such rectification period is allowed.

V. Operating and Service Instructions:

Document	Trent 700 all variants
Installation Manual	EL2837
Operating Instructions	F-Trent-A330
Engine Manual	E-Trent-A330
Maintenance Manual	M-Trent-A330
Time Limits Manual	T-Trent-IRR
Service Bulletins	RB211—as required

VI. Notes

1. The Equivalent Bare Engine Take-off Thrust quoted in the Ratings table is derived from the approved Net Take-off Thrust by excluding the losses attributable to the inlet, cold nozzle, hot nozzle, by-pass duct flow and leakage and the after body. No bleed or power offtakes are assumed.
2. The take-off rating and the associated operating limitations may be used for up to 10 minutes in the event of an engine failure, but their use is otherwise limited to no more than 5 minutes
3. The software of the Engine Electronic Control is designated Level "1" according to DO-178A/ED-12A
4. EMI / Lightning (Refer to Installation Manual for details.)
5. The Trent 700 is approved for a maximum exhaust gas over-temperature of 920 degrees C for inadvertent use for periods of up to 20 seconds without requiring maintenance action. The cause of the over-temperature must be investigated and corrected.
6. Turbine Gas Temperature is measured by thermocouples positioned at the 1st stage Nozzle Guide Vane of the LP Turbine
7. The fuel temperature limits are quoted for conditions at the engine inlet.
8. Post Modification 73-C780, the Maximum Take-Off speeds for LP and HP shafts are increased to 99.5% and 100.7%. The speed signals transmitted to the aircraft, however, are trimmed in order to maintain the same cockpit indicated Maximum Take-Off speeds as the pre-modification standard (i.e. 99.0% and 100.0% respectively.)
9. Post Modification 73-E502, the Maximum Take-Off speeds for the HP shaft is increased to 101.7%. The speed signals transmitted to the aircraft, however, are trimmed in order to maintain the same cockpit indicated Maximum Take-Off speeds as the pre-modification standard (i.e 100.0%.) The Maximum Continuous HP Shaft speed is also raised from 99.1% to 100.1%.
10. The Maximum Continuous Speed limitations defined in this Data Sheet are not displayed as limitations on the A330 flight deck. Non display of these limitations was agreed during the Certification programme.
11. Variants RB211 Trent 768-60, 772-60 and 772B-60 were previously covered under CAA-UK Engine Type Certificate 092/2 and Type Certificate Data Sheet 1050 prior to being superseded by the EASA Type Certificate and Type Certificate Data Sheet.
12. The Trent 772B-60 has the same ratings as the 772-60 except between 610 m (2,000 ft) and 2440 m (8,000 ft) altitude or when the ambient temperature is greater than ISA + 15°C, where the 772B-60 produces increased thrust at take-off rating. The magnitude of this increase varies with altitude and ambient temperature and is limited to a maximum of 5.4%.
13. The Trent 772C-60 has the same ratings as the 772B-60 except at altitudes above 2440 m (8,000 ft) where the 772C can provide more thrust in both Take-Off and Continuous conditions. The extent of this thrust increase is dependent upon altitude, temperature and Mach number, but is limited to a maximum of 8.5%. From 3048 m (10,000 ft) to 4877 m (16,000 ft) there is a Take-Off thrust increase of 3% for day temperatures of ISA +28°C and above, this reduces to 0% at ISA +18°C and below. At altitudes greater than 3962 m (13,000 ft) and Mach numbers greater than 0.4 a further thrust increase results from maximum continuous thrust exceeding maximum Take-Off thrust, this increases the maximum Take-Off thrust below ISA +15°C by a maximum of 5.0% relative to the Trent 772B-60 at 4877 m (16,000 ft), 0.5 Mn. Max Continuous thrust is increased by up to 8.5% relative to the Trent 772B-60 rating for altitudes between 4572 m (15,000 ft) and 7620 m (25,000 ft) for Mach numbers between 0.3 and 0.8 and temperatures from ISA to ISA +30°C.

Anexo G. Certificado tipo para el motor Turbohélice PW 127M

 EASA European Aviation Safety Agency		<small>Scan to verify version & source of information</small> 
EASA.IM.E.041		
Description:	E.041 (IM) Pratt and Whitney Canada PW100 series engines	
Language:	English	
TCDS:	EASA.IM.E.041	
Product type:	Engine (CS-E)	
Manufacturer/TC Holder:	Pratt and Whitney Canada Corp.	
European Aviation Safety Agency: Ottoplatz 1, D-50679 Cologne, Germany - easa.europa.eu		
<small>An agency of the European Union</small> 		

Fuente. European Aviation Safety Agency

European Aviation Safety Agency

EASA TYPE-CERTIFICATE DATA SHEET

Number : IM E 041
 Issue : 02
 Date : 06 June 2008
 Type : Pratt & Whitney Canada
 PW100 series

Variants

PW118
 PW118A
 PW119B
 PW119C
 PW120
 PW120A
 PW121
 PW121A
 PW123
 PW123AF
 PW123B
 PW123C
 PW123D
 PW123E
 PW124B
 PW125B
 PW126
 PW126A
 PW127
 PW127B
 PW127D
 PW127E
 PW127F
 PW127G
 PW127M

List of effective Pages:

Page	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
Issue	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			

Intentionally left blank

I. General

1. Type/Variants: PW118, PW118A, PW119B, PW119C, PW120, PW120A, PW121, PW121A, PW123, PW123AF, PW123B, PW123C, PW123D, PW123E, PW124B, PW125B, PW126, PW126A, PW127, PW127B, PW127D, PW127E, PW127F, PW127G, PW127M

2. Type Certificate Holder: Pratt and Whitney Canada Corp.
1000 Marie-Victorin
Longueuil, Québec, J4G 1A1
Canada

3. Manufacturer: Pratt and Whitney Canada

4. EASA Certification/JAA Validation Application Date: 07 March 2007 for PW127M

5. Validation Reference Date: 16 December 1983

6. EASA Certification Date:

PW118 30 December 1986 DGAC-F Type Certificate M-IM 15	PW118A 21 April 1988 LBA Motor- Kennblatt Nr. 7028	PW119B 08 October 1993 LBA Motor- Kennblatt Nr. 7028	PW119C 07 June 1996 LBA Motor- Kennblatt Nr. 7028	PW120 06 September 1985 DGAC-F Type Certificate M-IM 15
PW120A 06 September 1985 DGAC-F Type Certificate M-IM 15	PW121 03 March 1988 DGAC-F Type Certificate M-IM 15	PW121A 07 December 1995 DGAC-F Type Certificate M-IM 15	PW123 12 November 1990 DGAC-F Type Certificate M-IM 15	PW123AF 27 October 1994 ⁽¹⁾ Aircraft TC ENAC A402 Bombardier CL-215- 6B11
PW123B 18 June 1993 LBA Motor- Kennblatt Nr. 7028	PW123C 22 December 1997 LBA Motor- Kennblatt Nr. 7028	PW123D 22 December 1997 LBA Motor- Kennblatt Nr. 7028	PW123E 22 March 1995 ⁽¹⁾ Aircraft TC EASA IM A.191 Bombardier DHC-8- 201/202/315	PW124B 31 August 1989 DGAC-F Type Certificate M-IM 15
PW125B 28 February 1992 DGAC-F Type Certificate M-IM 15	PW126 21 April 1988 LBA Motor- Kennblatt Nr. 7028	PW126A 30 November 1989 CAA-UK Letter 9/80/EZ5	PW127 06 November 1992 DGAC-F Type Certificate M-IM 15	PW127B 2 May 1995 CAA-UK Letter 9/80/PW100/C01/9A
PW127D 7 February 1994 CAA-UK Letter 9/80/C/402/11	PW127E 07 July 1995 DGAC-F Type Certificate M-IM 15	PW127F 13 January 1997 DGAC-F Type Certificate M-IM 15	PW127G 02 December 1999 ⁽¹⁾ Aircraft TC EASA A 186 EADS CASA C295	PW127M 20 December 2007

Except for PW127M, EASA Type-Certification for the above mentioned engine models is granted in accordance with the following Articles of EU Commission Regulation EC 1702/2003:

- Article 2 paragraph 3(a)(i) based on the respective DGAC France, LBA Germany and CAA United Kingdom validation letters issued following NAA approvals prior to 28 September 2003

- For models marked ⁽¹⁾ Article 2 paragraph 3(b) based on NAA approvals of aircrafts equipped with these engine models prior to 28 September 2003.

II. Certification Basis

1. **Transport Canada Certification Basis details:** see Transport Canada TCDS E-19.

2. **EASA Certification Basis:**

2.1 Airworthiness Standards:

For all variants, JAR-E Change 6 dated 28 August 1981 (based on BCAR, Section C, Issue 13)

Amended for the PW127 by:

- JAR-E change 8 AMJ 20X-1 Certification of Aircraft Propulsion Systems equipped with Electronic Controls

Amended for the PW121A, PW127E and PW127F by :

- Bird Strike and Ingestion: Additional Technical Conditions as defined in JAA INT/POL/E/02 Issue 1
- Rain and Hail: Additional Technical Conditions as defined in JAA INT/POL/E/01 Issue 2 and AIA Advisory Circular PC338-1
- JAR-E Change 8 AMJ 20X-1 Certification of Aircraft Propulsion Systems equipped with Electronic Controls

Amended for the PW127M by :

- Inclement Weather: CS-E 790 Ingestion of Rain and Hail (CS-E as issued by EASA Decision N°2003/9/RM, on October 24, 2003)
- Bird Strike and Ingestion: CS-E 800 Bird Strike and Ingestion (CS-E as issued by EASA Decision N°2003/9/RM, on October 24, 2003)
- JAR-E Change 8 AMJ 20X-1 Certification of Aircraft Propulsion Systems Equipped with Electronic Controls

2.2 Special Conditions:

None

2.3 Equivalent Safety Findings:

None

2.4 Deviations:

None

2.5 Environmental Protection Requirements:

For PW127M only: Fuel Venting: ICAO Annex 16, Volume II, Part II, (2nd Edition, July 1993), Amendment 5 dated 24th November 2005

III. Technical Characteristics

1. Type Design Definition:

Engine Model	Engine Assembly Drawing	Engine Model	Engine Assembly Drawing
PW118	3104700	PW123E	3038400
PW118A	3041200	PW124B	3041900
PW119B	3049700	PW125B	3035600
PW119C	3049700	PW126	3035600
PW120	3104500	PW126A	3035600
PW120A	3104500	PW127	3047600
PW121	3104500	PW127B	3048000
PW121A	3120200	PW127D	3040963
PW123	3038400	PW127E	3047600
PW123AF	3038400	PW127F	3047600
PW123B	3038400	PW127G	3045350
PW123C	3038400	PW127M	3073453
PW123D	3038400		

2. Description:

The PW100 series turboprop engines comprise a three spool turbomachine (including a free turbine), and a reduction gearbox

For all models, the engine control is made via a single channel Electronic Engine Control (EEC) unit, with a hydro-mechanical back-up

3. Equipment:

Approved equipment is defined in the applicable engine model approved Engine Parts List

4. Dimensions and Weight:

Engine Model	Overall Length (mm)	Overall Width (mm)	Dry Spec Weight (kg)
PW118	2046	635	390.5
PW118A	2046	635	392.8
PW119B	2046	635	411.4
PW119C	2046	635	411.4
PW120	2130	635	417.3
PW120A	2130	635	423.2
PW121	2130	635	423.2
PW121A	2130	635	434.0
PW123	2130	660	450.0
PW123AF	2130	660	450.0
PW123B	2130	660	450.0
PW123C	2130	660	450.0
PW123D	2130	660	450.0
PW123E	2130	660	450.0
PW124B	2130	679	480.8
PW125B	2130	679	480.8
PW126	2130	679	480.8
PW126A	2130	679	480.8
PW127	2130	679	480.8
PW127B	2130	679	480.8
PW127D	2130	679	480.8
PW127E	2130	679	480.8
PW127F	2130	679	480.8
PW127G	2130	679	484.4
PW127M	2130	679	481.7

5. Ratings:

See Notes 1 & 2

Engine Model Ratings at Sea Level	Maximum Take-off Power – 5 min. (*)		Normal Take-off Power – 5 min. (*)		Maximum Continuous Power	
	Shaft Power (kW)	Maximum Air Temp for Rated Power (°C)	Shaft Power (kW)	Maximum Air Temp for Rated Power (°C)	Shaft Power (kW)	Maximum Air Temp for Rated Power (°C)
PW118	-	-	1342	33	1342	33
PW118A	-	-	1342	42	1342	42
PW119B	1625	31	1380	48	1380	48
PW119C	1625	36	1380	48	1380	53
PW120	1491	28	1342	28	1268	28
PW120A	1491	28	1342	28	1342	33
PW121	1603	26	1454	26	1454	28
PW121A	1640	25	1476	25	1417	30
PW123	1775	35	1598	35	1604	45
PW123AF	1775	35	-	-	1603	45
PW123B	1865	30	1687	30	1603	30
PW123C	1604	26	1454	26	1454	34
PW123D	1604	45	1454	45	1454	53
PW123E	1775	41	1598	41	1604	45
PW124B	1790	34	1611	34	1790	34
PW125B	1884	30	1678	30	1603	45
PW126 (**)	-	-	1648	28	1648	28
PW126A	1985	29	1787	29	1769	41
PW127	2051	32	1846	32	1864	41
PW127B	2051	30	1846	30	1864	41
PW127D	2051	33	1846	33	2051	33
PW127E	1790	45	1611	45	1790	45
PW127F	2051	35	1846	35	1864	44
PW127G	2178	35	1973	35	2178	35
PW127M	2051	39	1846	39	1864	48

(*) See Note 2

(**) PW126 Contingency Power Ratings: see Table below

Engine Model Ratings at Sea Level	Maximum Contingency Power (2 ½ min.)		Intermediate Contingency Power	
	Shaft Power (kW)	Maximum Air Temp for Rated Power (°C)	Shaft Power (kW)	Maximum Air Temp for Rated Power (°C)
PW126	1978	32	1766	39

6. Control System:

For all models, the fuel control is made via a single channel Electronic Engine Control (EEC) unit, with a hydro-mechanical back-up. The hardware and software configuration of this system and the associated engine fuel pump and hydro mechanical unit are controlled by the approved engine equipment list for each specific engine model and aircraft application.

7. Fluids**7.1 Fuel Type:**

The approved fuels and additives must conform to the current P&WC specifications CPW 204 and later revisions. Maintenance Manual, Chapter 72-00-00

7.2 Oil Type

The approved oil types are defined in relevant Maintenance Manual, Chapter 72-00-00.

7.3 Oil Tank Capacity

Engine Model	Usable Oil Tank Capacity (liters)	Total Oil Tank Capacity (liters)	Engine Model	Usable Oil Tank Capacity (liters)	Total Oil Tank Capacity (liters)
PW118	3.8	17.7	PW123E	8.0	19.3
PW118A	3.8	17.7	PW124B	8.0	19.3
PW119B	3.8	17.7	PW125B	8.0	19.3
PW119C	3.8	17.7	PW126	8.0	19.3
PW120	3.8	17.7	PW126A	8.0	19.3
PW120A	3.8	17.7	PW127	8.0	19.3
PW121	3.8	17.7	PW127B	8.0	19.3
PW121A	3.8	17.7	PW127D	8.0	19.3
PW123	8.0	19.3	PW127E	8.0	19.3
PW123AF	8.0	19.3	PW127F	8.0	19.3
PW123B	8.0	19.3	PW127G	8.0	19.3
PW123C	8.0	19.3	PW127M	8.0	19.3
PW123D	8.0	19.3			

8. Aircraft Accessory Drives:

For accessory drives specifications, refer to the applicable engine model Installation Manual and Installation Drawing

9. Maximum Permissible Air Bleed Extraction:**Maximum External (HP):**

All models: 10% of inlet airflow up to a maximum of 15 Kg/min

Maximum External (LP):

For PW118, PW118A, PW120, PW120A, PW121 and PW121A:
8% of inlet airflow

For PW119B, PW119C, PW123, PW123AF, PW123B, PW123C, PW123D, PW123E, PW124B, PW125B, PW126, PW126A, PW127, PW127B, PW127D, PW127E, PW127F, PW127G and PW127M:
10% of inlet airflow.

Maximum during start:

Bleed flow equivalent to that obtained from 0.5 cm diameter orifice at the engine bleed port

IV. Operational Limits:

See Notes 3 and 13

1. Temperature Limits:**1.1 Maximum Inter-Turbine Temperature (ITT):**

Rating	Maximum Take-off (°C)	Normal Take-off (°C)	Maximum Continuous (°C)	Transient 20 secs (°C)	Transient 5 secs (°C)	Starting 5 secs (°C)
PW118	N/A	816	800	850	-	950
PW118A	N/A	816	800	850	-	950
PW119B	800	800	800	850	-	950
PW119C	800	800	800	850	-	950
PW120 (**)	816	785	800	850	-	950
PW120A (**)	816	785	800	850	-	950
PW121 (*) (**)	816	785	800	850	-	950
PW121A	816	791	800	850	-	950
PW123 (*)	800	765	800	840	-	950
PW123AF	800	-	800	840	-	950
PW123B (*)	800	765	800	840	-	950
PW123C (*)	800	770	800	840	-	950
PW123D (*)	800	770	800	840	-	950
PW123E (*)	800	765	800	840	-	950
PW124B (*)	800	765	800	840	-	950
PW125B (*)	800	765	800	840	-	950
PW126 (*)	N/A	760	760	840	-	950
PW126A (*)	800	765	800	840	-	950
PW127 (*)	800	765	800	840	-	950
PW127B (*)	800	773	800	840	-	950
PW127D (*)	800	750	800	840	-	950
PW127E (*)	800	765	800	840	-	950
PW127F (*)	800	765	800	840	-	950
PW127G (*)	800	765	800	840	-	950
PW127M (*)	800	765	800	840	-	950

(*) see Note 6

(**) see Note 8

1.2 Oil Temperature:

Refer to Installation Manual

1.3 Fuel Temperature:

Refer to Installation Manual

2. Maximum Permissible Rotor Speeds:**2.1 Maximum Output Shaft Speed:**

Rating	Maximum Take-off (RPM)	Normal Take-off (RPM)	Maximum Continuous (RPM)	Transient 20 secs (RPM)	Transient 5 secs (RPM)	Starting 5 secs (RPM)
PW118		1313	1313	1430	-	-
PW118A		1313	1313	1430	-	-
PW119B	1339	1339	1339	1430	-	-
PW119C	1339	1339	1339	1430	-	-
PW120	1212	1212	1212	1320	1440	-
PW120A	1212	1212	1212	1320	1440	-
PW121	1212	1212	1212	1320	1440	-
PW121A	1212	1212	1212	1320	1440	-
PW123	1212	1212	1212	1320	-	-
PW123AF	1212	-	1212	1320	-	-
PW123B	1212	1212	1212	1320	-	-
PW123C	1212	1212	1212	1320	-	-
PW123D	1212	1212	1212	1320	-	-
PW123E	1212	1212	1212	1320	-	-
PW124B	1212	1212	1212	1380	-	-
PW125B	1212	1212	1212	1380	-	-
PW126	1212 (*)	1212	1212	1380	-	-
PW126A	1212	1212	1212	1380	-	-
PW127	1212	1212	1212	1296	1440	-
PW127B	1212	1212	1212	-	1440	-
PW127D	1212	1212	1212	-	1440	-
PW127E	1212	1212	1212	1296	1440	-
PW127F	1212	1212	1212	1296	1440	-
PW127G	1212	1212	1212	-	1440	-
PW127M	1212	1212	1212	1296	1440	-

(*) PW126 Max Contingency 2 ½ minutes max. and Intermediate Contingency ratings

2.2 Maximum HP Spool Speed:

Rating	Maximum Take-off (RPM)	Normal Take-off (RPM)	Maximum Continuous (RPM)	Transient 20 secs (RPM)	Transient 5 secs (RPM)	Starting 5 secs (RPM)
PW118	-	33300	33300	33966	-	-
PW118A	-	33966	33966	33966	-	-
PW119B	34200	34200	34200	34700	-	-
PW119C	34200	34200	34200	34700	-	-
PW120 (*)	34350	-	34150	34675	-	-
PW120A (*)	34350	-	34150	34675	-	-
PW121 (*)	34350	-	34150	34675	-	-
PW121A	34380	33975	34160	34675	-	-
PW123	34200	33633	34200	34550	-	-
PW123AF	34200	-	34200	34550	-	-
PW123B	34200	33633	34200	34550	-	-
PW123C	34200	33633	34200	34550	-	-
PW123D	34200	33633	34200	34550	-	-
PW123E(*)	34200	-	34200	34550	-	-
PW124B	34200	33633	34200	34550	-	-
PW125B	34200	33750	34200	34550	-	-
PW126	34550 (**)	33600	33600	34550	-	-
PW126	34200 (***)	-	-	-	-	-
PW126A	34190	33670	34190	34500	-	-
PW127	34360	33930	34360	35440	-	-
PW127B	34360	33850	34360	34730	-	-
PW127D	34360	33850	34360	34730	-	-
PW127E	34360	33930	34360	35440	-	-
PW127F	34360	33930	34360	35440	-	-
PW127G	34530	34050	34530	35440	-	-
PW127M	34360	33930	34360	35440	-	-

(*) See Note 5

(**) PW126 Max Contingency 2 ½ minute max power rating

(***) PW126 Intermediate Contingency power rating

2.3 Maximum LP Spool Speed:

Rating	Maximum Take-off (RPM)	Normal Take-off (RPM)	Maximum Continuous (RPM)	Transient 20 secs (RPM)	Transient 5 secs (RPM)	Starting 5 secs (RPM)
PW118	-	27700	27700	28531	-	-
PW118A	-	28808	28808	28808	-	-
PW119B	28900	28900	28900	29340	-	-
PW119C	28900	28900	28900	29340	-	-
PW120 (*)	-	-	-	-	-	-
PW120A (*)	-	-	-	-	-	-
PW121 (*)	-	-	-	-	-	-
PW121A (*)	-	-	-	-	-	-
PW123	28800	28170	28800	28900	-	-
PW123AF	28800	-	28800	28900	-	-
PW123B	28800	28270	28800	28900	-	-
PW123C	28800	28270	28800	28900	-	-
PW123D	28800	28270	28800	28900	-	-
PW123E	28800	28170	28800	28900	-	-
PW124B	28800	28170	28800	28900	-	-
PW125B	28800	28140	28800	28900	-	-
PW126	28900 (**)	27900	27900	28900	-	-
PW126	28500 (***)	-	-	-	-	-
PW126A	28900	28280	28900	28900	-	-
PW127	28870	28090	28870	29575	-	-
PW127B	28870	28000	28870	29500	-	-
PW127D	28870	28000	28870	29500	-	-
PW127E	28870	28090	28870	29575	-	-
PW127F	28870	28090	28870	29575	-	-
PW127G	28990	28500	28990	29575	-	-
PW127M	28870	28090	28870	29575	-	-

(*) see Note 9

(**) PW126 Max Contingency 2 ½ minutes max power rating

(***) PW126 Intermediate Contingency power rating

3. Maximum Output Torque:

Rating	Maximum Take-off (Nm)	Normal Take-off (Nm)	Maximum Continuous (Nm)	Transient 20 secs (Nm)	Transient 5 secs (Nm)	Starting 5 secs (Nm)
PW118	-	10846	9860	12569	-	-
PW118A	-	10846	9860	12569	-	-
PW119B	12324	-	12324	14331	-	-
PW119C	12324	-	12324	14331	-	-
PW120 (*)	14913	13557	13557	17285	-	-
PW120A (*)	14913	13557	13557	17285	-	-
PW121 (*)	14913	13557	13557	17285	-	-
PW121A	14913	13557	13557	17285	-	-
PW123	14913	13558	13558	17286	-	-
PW123AF	14913	-	13558	17287	-	-
PW123B	15181	13558	13558	17286	-	-
PW123C	13612	-	13612	17286	-	-
PW123D	13612	-	13612	17286	-	-
PW123E	14913	13558	13558	17286	-	-
PW124B	15144	12818	14597	17734	-	-
PW125B	14870	13409	12758	19390	-	-
PW126	15795 (**)	15145	15145	17734	-	-
PW126	15145 (***)	-	-	-	-	-
PW126A	15795	15795	15795	17734	-	-
PW127	17354	17354	17354	19578	-	-
PW127B	17354	17354	17354	17896	-	-
PW127D	17354	17354	17354	19578	-	-
PW127E	17354	17354	17354	19578	-	-
PW127F	17354	17354	17354	19578	-	-
PW 127G	17625	17625	17625	19578	-	-
PW127M	17354	17354	17354	19578	-	-

(*) See Note 10

(**) PW126 Max Contingency 2 ½ minutes max power rating

(***) PW126 Intermediate Contingency power rating

4. Pressure Limits:**4.1 Fuel Pressure Limit:**

Refer to Installation Manual

4.2 Oil Pressure Limit:

Refer to Installation Manual

5. Installation Assumptions:

The installation assumptions are quoted in the applicable engine model Installation Manual.

6. Dispatch Limitations:

There is no Time Limited Dispatch for the EEC of this engine

V. Operating and Service Instructions**1. Manuals:**

Engine Model	Engine Installation Manual	Engine Maintenance Manual	Engine Overhaul Manual
PW118	PW118	3034622	3034623
PW118A	PW118A	3034622	3034623
PW119B (*)	PW119B/PW119C	-	-
PW119C (*)		-	3038553
PW120	PW120	3034642	3034643
PW120A	PW120A	3034632	3034633
PW121(BS717)	PW121	3034632	3034633
PW121(BS722,BS725)		3034642	3034643
PW121A	PW121A	3034642	3036433
PW123	PW123	3036432	3036433
PW123AF	PW123AF	3034538	3034539
PW123B	PW123B	3036432	3036433
PW123C	PW123C	3036432	3036433
PW123D	PW123D	3036432	3036433
PW123E	PW123E	3036432	3036433
PW124B	PW124B	3037332	3037333
PW125B	PW125B	3034932	3034933
PW126	PW126	3034922	3034923
PW126A	PW126A	3034922	3034923
PW127	PW127	3037332	3037333
PW127B (*)	PW127B	-	3034933
PW127D	PW127D	3034922	3034923
PW127E	PW127E	3037332	3037333
PW127F	PW127F	3037332	3037333
PW127G	PW127G	3044822	3044823
PW127M	PW127M	3037332	3037333

(*) See Note 18

2. Approved Conversion Service Bulletins:

For Approved Conversion Service Bulletins, refer to Transport Canada TCDS E-19

VI. Notes

- Note 1:** For all engine models the engine ratings are based on dry sea level static ICAO Standard atmospheric conditions, with no external accessory loads and no airbleed. The quoted ratings are obtainable on a test stand with the specified fuel and oil without intake ducting and using the exhaust port and intake defined in the Installation Manual.
- Note 2:** For all engine models take-off ratings that are nominally limited to 5 minutes duration may be used for up to 10 minutes for One Engine Inoperative operations without adverse effects upon engine airworthiness. Such operations are anticipated on an infrequent basis (as engine failure at take-off events are uncommon) and no limits or special inspections are required.
- Note 3:** The PW120, PW120A, PW121, PW121A, PW123, PW123B, PW123C, PW123D, PW123E, PW124B, PW125B, PW126, PW126A, PW127, PW127B, PW127D, PW127E, PW127F, PW127G and PW127M engine models include provision for automatic power increase from Normal Take-off Power to Max. Take-Off Power. The limitations stated for Normal Take-off are to ensure that the Maximum Take-off limitations are not exceeded in the event of an automatic power increase to Maximum Take-off Power.
- Note 4:** For PW121 engines built to Build Specification (BS) 722 and 725 (ATR 42 installations) see PW120/120A/121 Installation Manual for the approved ratings and limits. These engines have reduced operating ratings for increased thermal capability.
- Note 5:** For the PW120, PW120A, PW121 and PW123E engine models, the Normal Take-off HP Spool Speed limitation is variable with ambient temperature to ensure the maximum spool speed is not exceeded in the event of an automatic power increase to Maximum Take-off. Refer to the engine Installation Manual for the Normal Take-off limit.
- Note 6:** Normal Take-off ITT and LP Spool Speed limitations may vary with the ambient temperature for the following engine models:
PW121, PW123, PW123B, PW123C, PW123D, PW123E, PW124B, PW125B, PW126A, PW127, PW127B, PW127D, PW127E, PW127F, PW127G and PW127M
Refer to the engine Installation Manual for the curves defining these limits.
- Note 7:** Approvals for the Maximum ITT limits are based upon tests conducted with maximum gas temperature at exit of the Compressor Turbine Nozzle Guide Vanes according to the following table:

Engine Model	Maximum Gas Temperature (°C)
PW118	1285
PW118A	1291
PW119B, PW119C	1316
PW120, PW120A	1285
PW121, PW121A	1310
PW123, PW123AF, PW123B, PW123C, PW123D	1316
PW123E	1330
PW124B, PW125B	1316
PW126, PW126A	1316
PW127, PW127B, PW127D, PW127E	1343
PW127F, PW127G, PW127M	1358

- Note 8:** For PW120, PW120A and PW121 engine models not incorporating SB 20231 or SB 20970 or SB 21059 or SB 21092 the Maximum Continuous ITT limit is 785°C, the Maximum Take-off and Maximum Continuous HP Spool Speed limit is 33300 rpm, and the 20 second transient HP Spool Speed limit is 33966 rpm. In this case the Maximum Gas Temperature applicable to PW121 in Note 7 is 1285°C continuous.
- Note 9:** The speed relationship between the low compressor spool and the high compressor spool is controlled by new engine acceptance procedure and the Overhaul Manual for the PW120, PW120A, PW121 and PW121A.
- Note 10:** PW120, PW120A and PW121 engine models not incorporating SB 20316 or SB 20380 have the following limits: Output Torque Maximum Continuous 11572 Nm, Take-off 13355 Nm and 20 second transient 14914 Nm.

Note 11: The Electronic Engine Control (EEC) system conforms to the lightning test defined by SAE AE4L committee report. For specific capabilities and installation requirements refer to the Installation Manual

Note 12: For PW118, PW120, PW120A and PW121 models, the software contained in the Electronic Control Unit (ECU) has been developed, documented and tested in accordance with the provisions of the Critical Category of RTCA/DO 178 November 1981.

Note 13: The software contained in the ECU for the PW118A, PW119B, PW119C, PW121A, PW123, PW123AF, PW123B, PW123C, PW123D, PW123E, PW124B, PW125B, PW126, PW126A, PW127, PW127B, PW127D, PW127E, PW127F and PW127G engine models have been designed, developed, documented and tested in accordance with the provisions of the Critical Category of RTCA/DO 178A, March 1985

The PW127M software is a modification of the PW127F software. The modifications have been designed, developed, documented and tested in accordance with the provision of the Level A of RTCA/DO 178B, December 1992.

Note 14: All engine models have been approved with a propeller overspeed "get-home" capability to cater for propeller control malfunction. The engine Installation Manual operating limits define this overspeed limit.

Note 15: The approved service life values for Life Limited Rotor Components (Critical Parts) are defined in the Airworthiness Limitation Section of the Maintenance Manual or the Airworthiness Limitation Manual as applicable.

Note 16: All engine models, except those identified in Note 17, are acceptable with both 6-blade and 4-blade propellers.

Note 17: The PW125B, PW126, PW126A, PW127A, PW127B, PW127D, PW127E (BS1034), PW127F (BS1033), PW127G and PW127M engine models are acceptable with 6-blade propeller installation only.

Note 18: PW119B (BS824), PW119C (BS878) and PW127B (BS812/813) Maintenance instructions are provided in the form of source data to the airframe manufacturer.

Anexo H. Ficha de recolección de datos para las emisiones de escape de los motores por ICAO y hoja de cálculo de las lecturas del equipo Gas Alert Max XT

ICAO ENGINE EXHAUST EMISSIONS DATA BANK							
SUBSONIC ENGINES							
ENGINE IDENTIFICATION:				BYPASS RATIO:			
UNIQUE ID NUMBER:				PRESSURE RATIO (π_{00}):			
COMBUSTOR:				RATED OUTPUT (F_{00}) (kN):			
ENGINE TYPE:							
<u>REGULATORY DATA</u>							
CHARACTERISTIC VALUE:				HC	CO	NOx	SMOKE NUMBER
D _p /F ₀₀ (g/kN) or SN							
AS % OF ORIGINAL LIMIT							
AS % OF CAEP/2 LIMIT (NOx)							
AS % OF CAEP/4 LIMIT (NOx)							
AS % OF CAEP/6 LIMIT (NOx)							
AS % OF CAEP/8 LIMIT (NOx)							
Mark with an 'x' against appropriate statements:							
<u>DATA STATUS</u>				<u>TEST ENGINE STATUS</u>			
PRE-REGULATION CERTIFICATION		REVISED (give detail in REMARKS)		NEWLY MANUFACTURED ENGINES			
				DEDICATED ENGINES TO PRODUCTION STANDARD			
				OTHER (give detail in REMARKS)			
<u>EMISSIONS STATUS</u>				<u>CURRENT ENGINE STATUS</u>			
DATA CORRECTED TO REFERENCE (ANNEX 16 VOLUME II)				(IN PRODUCTION, IN SERVICE UNLESS OTHERWISE NOTED)			
				OUT OF PRODUCTION (DATE: dd-mmm-yy)			
				OUT OF SERVICE (DATE: dd-mmm-yy)			
<u>MEASURED DATA</u>							
MODE	POWER SETTING (%F ₀₀)	TIME minutes	FUEL FLOW kg/s	EMISSIONS INDICES (g/kg)			SMOKE NUMBER
				HC	CO	NOx	
TAKE-OFF	100	0,7					
CLIMB OUT	85	2,2					
APPROACH	30	4,0					
IDLE	7	26,0					
LTO TOTAL FUEL (kg) or EMISSIONS (g)							
NUMBER OF ENGINES							
NUMBER OF TESTS							
AVERAGE D _p /F ₀₀ (g/kN) or AVERAGE SN (MAX)							
SIGMA (D _p /F ₀₀ in g/kN, or SN)							
RANGE (D _p /F ₀₀ in g/kN, or SN)							
<u>ACCESSORY LOADS</u>							
POWER EXTRACTION				(kW)		AT	
STAGE BLEED				% CORE FLOW		AT	
						POWER SETTINGS	
						POWER SETTINGS	
<u>ATMOSPHERIC CONDITIONS</u>							
BAROMETER (kPa)				SPEC			
TEMPERATURE (K)				H/C			
ABS HUMIDITY (kg/kg)				AROM (%)			
MANUFACTURER:							
TEST ORGANIZATION:							
TEST LOCATION:							
TEST DATES: FROM				TO			
<u>REMARKS</u>							
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
If REVISED, these data supersede databank UID: _____							
Compliance with Fuel Venting requirements: _____ ('x' if complies, PR if pre-regulation)							

Hora de registro	Tipo de registro	Estado de la unidad	Lectura de H2S	STEL de H2S	TWA de H2S	Lectura de CO	STEL para CO	TWA de CO	Estado de O2	Lectura de O2	Estado de LEL	Lectura de LEL
27/03/2014 4:54	Evento de unidad	Encendido										
27/03/2014 4:55	Evento de sensor	H2S Prueba Aprobado										
27/03/2014 4:55	Evento de sensor	CO Prueba Aprobado										
27/03/2014 4:55	Evento de sensor	O2 Prueba Aprobado										
27/03/2014 4:55	Evento de sensor	LEL Prueba Aprobado										
27/03/2014 4:55	Evento de sensor	Bomba Prueba Aprobado										
27/03/2014 4:55	Evento de sensor	H2S Ajuste en cero Aprobado										
27/03/2014 4:55	Evento de sensor	CO Ajuste en cero Aprobado										
27/03/2014 4:55	Evento de sensor	O2 Ajuste en cero Aprobado										
27/03/2014 4:55	Evento de sensor	LEL Ajuste en cero Aprobado										
27/03/2014 4:55	Evento de unidad	Apagado manual										
27/03/2014 5:51	Evento de unidad	Encendido										
27/03/2014 5:52	Evento de sensor	H2S Prueba Aprobado										
27/03/2014 5:52	Evento de sensor	CO Prueba Aprobado										
27/03/2014 5:52	Evento de sensor	O2 Prueba Aprobado										
27/03/2014 5:52	Evento de sensor	LEL Prueba Aprobado										
27/03/2014 5:52	Evento de sensor	Bomba Prueba Aprobado										
27/03/2014 5:52	Evento de sensor	H2S Ajuste en cero Aprobado										
27/03/2014 5:52	Evento de sensor	CO Ajuste en cero Aprobado										
27/03/2014 5:52	Evento de sensor	O2 Ajuste en cero Aprobado										
27/03/2014 5:52	Evento de sensor	LEL Ajuste en cero Aprobado										
27/03/2014 5:55	Lecturas		0	0	0	0	0	0		20,9		0
27/03/2014 5:55	Lecturas		0	0	0	25	0	0		20,9		0
27/03/2014 5:56	Lecturas		0	0	0	31	0	0		20,9		0
27/03/2014 5:56	Lecturas		0	0	0	30	0	0		20,9		0
27/03/2014 5:56	Lecturas		0	0	0	31	1	0		20,9		0
27/03/2014 5:56	Lecturas		0	0	0	27	1	0		20,9		0
27/03/2014 5:57	Lecturas		0	0	0	22	1	0		20,9		0
27/03/2014 5:57	Lecturas		0	0	0	29	2	0		20,9		0
27/03/2014 5:57	Lecturas		0	0	0	34	2	0		20,9		0
27/03/2014 5:57	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	41	2	0		20,9		0
27/03/2014 5:58	Lecturas		0	0	0	41	3	0		20,9		0
27/03/2014 5:58	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	47	4	0		20,9		0
27/03/2014 5:58	Lecturas		0	0	0	38	4	0		20,9		0
27/03/2014 5:58	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	35	5	0		20,9		0
27/03/2014 5:59	Lecturas		0	0	0	38	5	0		20,9		0
27/03/2014 5:59	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	43	6	0		20,9		0
27/03/2014 5:59	Lecturas		0	0	0	39	6	0		20,9		0
27/03/2014 5:59	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	43	7	0		20,9		0
27/03/2014 6:00	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	43	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:00	Lecturas		0	0	0	4	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:00	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:00	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:01	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:01	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:01	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:01	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0

Fuente. Elaborado por los Autores

27/03/2014 6:02	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:02	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:02	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:02	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:03	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:03	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:03	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:03	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:04	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:04	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:04	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:04	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:05	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:05	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:05	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:05	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:06	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:06	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:06	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:06	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:07	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:07	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:07	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:07	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:08	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:08	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:08	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:08	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:09	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:09	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:09	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:09	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:10	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:10	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:10	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:10	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:11	Lecturas		0	0	0	0	7	0		20,9		0
27/03/2014 6:11	Lecturas		0	0	0	0	7	0		20,9		0
27/03/2014 6:11	Lecturas		0	0	0	0	7	0		20,9		0
27/03/2014 6:11	Lecturas		0	0	0	0	6	0		20,9		0
27/03/2014 6:12	Lecturas		0	0	0	21	6	0		20,9		0
27/03/2014 6:12	Lecturas		0	0	0	33	6	0		20,9		0
27/03/2014 6:12	Lecturas		0	0	0	29	6	0		20,9		0
27/03/2014 6:12	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	39	6	0		20,9		0
27/03/2014 6:13	Lecturas		0	0	0	30	6	0		20,9		0
27/03/2014 6:13	Lecturas		0	0	0	30	5	0		20,9		0
27/03/2014 6:13	Lecturas		0	0	0	32	5	0		20,9		0
27/03/2014 6:13	Lecturas		0	0	0	19	5	0		20,9		0
27/03/2014 6:14	Lecturas		0	0	0	25	5	0		20,9		0
27/03/2014 6:14	Lecturas		0	0	0	18	5	0		20,9		0
27/03/2014 6:14	Lecturas		0	0	0	17	4	0		20,9		0
27/03/2014 6:14	Lecturas		0	0	0	23	4	0		20,9		0

Fuente. Elaborado por los Autores


27/03/2014 6:15	Lecturas		0	0	0	21	3	0		20,9		0
27/03/2014 6:15	Lecturas		0	0	0	28	3	0		20,9		0
27/03/2014 6:15	Lecturas	(Alarma de bomba; Bomba desactivada)	0	0	0	19	4	0		20,9		0
27/03/2014 6:15	Lecturas	(Alarma de bomba; Bomba desactivada)	0	0	0	0	4	0		20,9		0
27/03/2014 6:16	Lecturas	(Alarma de bomba; Bomba desactivada)	0	0	0	7	4	0		20,9		0
27/03/2014 6:16	Lecturas	(Alarma de bomba; Bomba desactivada)	0	0	0	10	4	0		20,9		0
27/03/2014 6:16	Lecturas	(Alarma de bomba; Bomba desactivada)	0	0	0	9	4	0		20,9		0
27/03/2014 6:16	Evento de sensor	Bomba Prueba Aprobado										
27/03/2014 6:17	Lecturas		0	0	0	0	4	0		20,9		0
27/03/2014 6:17	Lecturas		0	0	0	0	4	0		20,9		0
27/03/2014 6:17	Lecturas		0	0	0	0	4	0		20,9		0
27/03/2014 6:17	Lecturas		0	0	0	0	4	0		20,9		0
27/03/2014 6:18	Lecturas		0	0	0	0	4	0		20,9		0
27/03/2014 6:18	Lecturas		0	0	0	0	4	0		20,9		0
27/03/2014 6:18	Lecturas		0	0	0	0	4	0		20,9		0
27/03/2014 6:18	Lecturas		0	0	0	0	4	0		20,9		0
27/03/2014 6:19	Evento de unidad	Apagado manual										
27/03/2014 15:21	Evento de unidad	Encendido										
27/03/2014 15:22	Evento de sensor	H2S Prueba Aprobado										
27/03/2014 15:22	Evento de sensor	CO Prueba Aprobado										
27/03/2014 15:22	Evento de sensor	O2 Prueba Aprobado										
27/03/2014 15:22	Evento de sensor	LEL Prueba Aprobado										
27/03/2014 15:22	Evento de sensor	Bomba Prueba Aprobado										
27/03/2014 15:22	Evento de sensor	H2S Ajuste en cero Aprobado										
27/03/2014 15:22	Evento de sensor	CO Ajuste en cero Aprobado										
27/03/2014 15:22	Evento de sensor	O2 Ajuste en cero Aprobado										
27/03/2014 15:22	Evento de sensor	LEL Ajuste en cero Aprobado										
27/03/2014 15:22	Lecturas	Autocero	0	0	0	0	0	0	Autocero	20,9	Autocero	0
27/03/2014 15:24	Lecturas		0	0	0	0	0	0		20,9		0
27/03/2014 15:25	Lecturas		0	0	0	5	0	0		20,9		0
27/03/2014 15:25	Lecturas		0	0	0	17	0	0		20,9		0
27/03/2014 15:25	Lecturas		0	0	0	32	0	0		20,9		0
27/03/2014 15:25	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	38	0	0		20,9		0
27/03/2014 15:26	Lecturas		0	0	0	34	1	0		20,9		0
27/03/2014 15:26	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	39	1	0		20,9		0
27/03/2014 15:26	Lecturas		0	0	0	38	2	0		20,9		0
27/03/2014 15:26	Lecturas		0	0	0	25	2	0		20,9		0
27/03/2014 15:27	Lecturas		0	0	0	25	3	0		20,9		0
27/03/2014 15:27	Lecturas		0	0	0	27	3	0		20,9		0
27/03/2014 15:27	Lecturas		0	0	0	25	3	0		20,9		0
27/03/2014 15:27	Lecturas		0	0	0	34	4	0		20,9		0
27/03/2014 15:28	Lecturas		0	0	0	13	4	0		20,9		0
27/03/2014 15:28	Lecturas		0	0	0	9	4	0		20,9		0
27/03/2014 15:28	Lecturas		0	0	0	0	4	0		20,9		0
27/03/2014 15:28	Lecturas		0	0	0	0	4	0		20,9		0
27/03/2014 15:29	Lecturas		0	0	0	0	4	0		20,9		0
27/03/2014 15:29	Lecturas		0	0	0	0	4	0		20,9		0
27/03/2014 15:29	Lecturas		0	0	0	0	4	0		20,9		0
27/03/2014 15:29	Lecturas		0	0	0	0	4	0		20,9		0
27/03/2014 15:30	Lecturas		0	0	0	0	4	0		20,9		0

Fuente. Elaborado por los Autores

27/03/2014 15:42	Lecturas		0	0	0	0	0	0	20,9	0
27/03/2014 15:58	Lecturas		0	0	0	0	0	0	20,9	0
27/03/2014 15:58	Lecturas		0	0	0	10	0	0	20,9	0
27/03/2014 15:58	Lecturas		0	0	0	22	0	0	20,9	0
27/03/2014 15:58	Lecturas		0	0	0	22	0	0	20,9	0
27/03/2014 15:59	Lecturas		0	0	0	27	0	0	20,9	0
27/03/2014 15:59	Lecturas		0	0	0	32	1	0	20,9	0
27/03/2014 15:59	Lecturas		0	0	0	26	1	0	20,9	0
27/03/2014 15:59	Lecturas		0	0	0	24	1	0	20,9	0
27/03/2014 16:00	Lecturas		0	0	0	30	2	0	20,9	0
27/03/2014 16:00	Lecturas		0	0	0	26	2	0	20,9	0
27/03/2014 16:00	Lecturas		0	0	0	16	3	0	20,9	0
27/03/2014 16:00	Lecturas		0	0	0	14	3	0	20,9	0
27/03/2014 16:01	Lecturas		0	0	0	5	3	0	20,9	0
27/03/2014 16:01	Lecturas		0	0	0	0	3	0	20,9	0
27/03/2014 16:01	Lecturas		0	0	0	0	3	0	20,9	0
27/03/2014 16:01	Lecturas		0	0	0	0	3	0	20,9	0
27/03/2014 16:01	Lecturas		0	0	0	0	3	0	20,9	0
27/03/2014 16:01	Lecturas		0	0	0	0	3	0	20,9	0
27/03/2014 16:02	Lecturas		0	0	0	0	3	0	20,9	0
27/03/2014 16:02	Lecturas		0	0	0	0	3	0	20,9	0
27/03/2014 16:02	Lecturas		0	0	0	0	3	0	20,9	0
27/03/2014 16:02	Evento de unidad	Apagado manual								

Fuente. Elaborado por los Autores

Anexo I. Certificado de calibración y análisis del equipo Gas Alert Max XT



Bogotá D.C., 24 de febrero de 2014

**CERTIFICADO DE CALIBRACION
REGISTRO No. 2014-0276**

EQUIPO : MULTIDETECTOR DE GASES BW
MODELO : GAS ALERT MAX XT
SERIE N° : MA109-004198
CLIENTE : FUNDACION UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES

El instrumento fue calibrado cumpliendo con las especificaciones del fabricante y de acuerdo con el procedimiento técnico.

GAS DE CALIBRACIÓN	VAL. INI.	VAL. FINAL	DESVIACIÓN ENCONTRADA	F. EXP GAS CAL
GAS COMBUSTIBLE	50% LEL	50 % LEL	0 %	10/02/16
OXIGENO	20.9 Aire libre	20.9 Aire Libre	0%	10/02/16
MONOXIDO DE CARBONO	100 PPM CO	100 PPM CO	0 PPM	10/02/16
SULFURO DE HIDROGENO	25 PPM H2S	25 PPM H2S	0 PPM	10/02/16


CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura: 22 ° Altitud: 2600 Mts Humedad: 46%

CERTIFICACIÓN DEL GAS PATRON

- Nombre del Fabricante: CALGAZ
- Identificación del cilindro P/N: CG-Q34-4
- Lote del cilindro: 1623482
- Mezcla de gas fabricada y calibrada utilizando parámetros de la N.I.S.T.
 Trazabilidad N.I.S.T. Kit# 81031, Text# 195548, Kit# 03610,
 Test #VA-12-7850D, Test# 14264, Test# 14566

Certificado por:



GLORIA CAMARGO C.
Gerente Dpto. Técnico
GGO

URIGO SAS NIT: 860.006.237-6

Bogotá: Cll 15 No. 33-18 PBX: (57-1) 5950095 FAX: (57-1) 3513619 Barrancabermeja: Carrera 22 No. 48-54 Tel. (57-7) 6226276.
 Cartagena: Km 1 Vía Mamonal – Bellavista – Bloc Port Oficina 26 Tel. (57-5) 6670625 - 6671965. Resto del país: 01-800 122110 A.A.
 4479

Lo escuchamos en: inconformidades@urigo.com Visite nuestro sitio web www.urigo.com

ANALYSIS CERTIFICATION

METHOD OF PREPARATION : GRAVIMETRIC / PRESSURE TRANSFILLING

METHOD OF ANALYSIS : ELECTROCHEMICAL CELL, PARAMAGNETIC OXYGEN CELL,
GC(FID)

ACCURACY : ± 5% RELATIVE (H₂S), ± 2% RELATIVE (CO, CH₄, O₂)

LOT NO. & QTY.	COMP. 1 H ₂ S	COMP. 2 CO	COMP. 3 CH ₄	COMP. 4 O ₂	COMP. 5 N ₂	COMP. 6	Exp Date
1623482 (2)	25PPM	100PPM	2.50%	18.00%	BALANCE		10/02/16

Gas mixtures manufactured with balances calibrated by an ISO 17025 accredited company using NIST traceable weights and meets or exceeds the requirements of NIST Handbook 44.

Calibration test CG/12/01/14/DW01, CG/12/01/14/DW02, CG/12/01/14/DW03, or CG/12/01/14/DW04 dated, 25th January 2014 applies.

N.I.S.T. WEIGHT SET TEST NUMBERS: Kit# 81031, Test# 1955548, Kit# 03610, Test# VA-12-7850D, Test# 14264, Test# 14566

No affecting enviromental conditions during analysis.

REQUESTED BY : BW TECHNOLOGIES(UNITED RENTALS)

CUSTOMER PURCHASE ORDER NUMBER : 4403794592

PACKING LIST NUMBER : 52506808

CERTIFICATION DATE : Ene 30, 2013

ANALYSIS BY :


Quality Representative

"We certify that all the cylinders for the Lot numbers identified herein are manufactured and tested within the requirements of CFR 49 part 178.65 and that physical and chemical test reports are on file and copies will be furnished upon request."

CALGAS, Div. of Air Liquide Advanced Technologies U.S. LLC
821 Chesapeake Drive, Cambridge, MD 21613-0149
Phone: (410) 228-6400 Fax: (410) 228-4251

Anexo J. Lecturas del equipo Gas Alert Max XT para la prueba piloto

Hora de registro	Tipo de registro	Estado de la unidad	Lectura de H2S	STEL de H2S	TWA de H2S	Lectura de CO	STEL para CO	TWA de CO	Estado de O2	Lectura de O2	Estado de LEL	Lectura de LEL
11/12/2013 11:00	Evento de unidad	Encendido										
11/12/2013 11:00	Evento de sensor	H2S Prueba Aprobado										
11/12/2013 11:01	Evento de sensor	CO Prueba Aprobado										
11/12/2013 11:01	Evento de sensor	O2 Prueba Aprobado										
11/12/2013 11:01	Evento de sensor	LEL Prueba Aprobado										
11/12/2013 11:01	Evento de sensor	Bomba Prueba Aprobado										
11/12/2013 11:02	Evento de sensor	H2S Ajuste en cero Aprobado										
11/12/2013 11:02	Evento de sensor	CO Ajuste en cero Aprobado										
11/12/2013 11:02	Evento de sensor	O2 Ajuste en cero Aprobado										
11/12/2013 11:02	Evento de sensor	LEL Ajuste en cero Aprobado										
11/12/2013 11:03	Lecturas		0	0	0	11	8	0		20,9		0
11/12/2013 11:03	Lecturas		0	0	0	13	8	0		20,9		0
11/12/2013 11:03	Lecturas		0	0	0	11	8	0		20,9		0
11/12/2013 11:03	Lecturas		0	0	0	10	8	0		20,9		0
11/12/2013 11:04	Lecturas		0	0	0	11	8	0		20,9		0
11/12/2013 11:04	Lecturas		0	0	0	16	8	0		20,9		0
11/12/2013 11:04	Lecturas		0	0	0	21	8	0		20,9		0
11/12/2013 11:04	Lecturas		0	0	0	22	8	0		20,9		0
11/12/2013 11:05	Lecturas		0	0	0	20	8	0		20,9		0
11/12/2013 11:05	Lecturas		0	0	0	19	8	0		20,9		0
11/12/2013 11:05	Lecturas		0	0	0	18	8	0		20,9		0
11/12/2013 11:05	Lecturas		0	0	0	16	8	0		20,9		0
11/12/2013 11:06	Lecturas		0	0	0	18	8	0		20,9		0
11/12/2013 11:06	Lecturas		0	0	0	17	8	0		20,9		0
11/12/2013 11:06	Lecturas		0	0	0	16	8	0		20,9		0
11/12/2013 11:06	Lecturas		0	0	0	15	8	0		20,9		0
11/12/2013 11:07	Lecturas		0	0	0	17	8	0		20,9		0
11/12/2013 11:07	Lecturas		0	0	0	21	8	0		20,9		0
11/12/2013 11:07	Lecturas		0	0	0	20	8	0		20,9		0
11/12/2013 11:07	Lecturas		0	0	0	21	8	0		20,9		0
11/12/2013 11:08	Lecturas		0	0	0	19	8	0		20,9		0
11/12/2013 11:08	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
11/12/2013 11:08	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0

Fuente. Elaborado por los Autores

11/12/2013 11:08	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
11/12/2013 11:09	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
11/12/2013 11:09	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
11/12/2013 11:09	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
11/12/2013 11:09	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
11/12/2013 11:10	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
11/12/2013 11:10	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
11/12/2013 11:10	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
11/12/2013 11:10	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
11/12/2013 11:11	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
11/12/2013 11:11	Lecturas		0	0	0	12	7	0		20,9		0
11/12/2013 11:11	Lecturas		0	0	0	15	6	0		20,9		0
11/12/2013 11:12	Lecturas		0	0	0	25	6	0		20,9		0
11/12/2013 11:12	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	35	6	0		20,9		0
11/12/2013 11:12	Lecturas		0	0	0	31	6	0		20,9		0
11/12/2013 11:12	Lecturas		0	0	0	29	6	0		20,9		0
11/12/2013 11:13	Lecturas		0	0	0	32	6	0		20,9		0
11/12/2013 11:13	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	35	5	0		20,9		0
11/12/2013 11:13	Lecturas		0	0	0	29	5	0		20,9		0
11/12/2013 11:13	Lecturas		0	0	0	34	5	0		20,9		0
11/12/2013 11:14	Lecturas		0	0	0	30	5	0		20,9		0
11/12/2013 11:14	Lecturas		0	0	0	29	5	0		20,9		0
11/12/2013 11:14	Lecturas		0	0	0	30	5	0		20,9		0
11/12/2013 11:14	Lecturas		0	0	0	33	5	0		20,9		0
11/12/2013 11:15	Lecturas		0	0	0	34	3	0		20,9		0
11/12/2013 11:15	Lecturas		0	0	0	30	3	0		20,9		0
11/12/2013 11:15	Lecturas		0	0	0	24	4	0		20,9		0
11/12/2013 11:15	Lecturas		0	0	0	29	4	0		20,9		0
11/12/2013 11:16	Lecturas		0	0	0	33	4	0		20,9		0
11/12/2013 11:16	Lecturas		0	0	0	29	4	0		20,9		0
11/12/2013 11:16	Lecturas		0	0	0	25	4	0		20,9		0
11/12/2013 11:16	Lecturas		0	0	0	24	4	0		20,9		0
11/12/2013 11:17	Lecturas		0	0	0	27	4	0		20,9		0
11/12/2013 11:17	Lecturas		0	0	0	29	4	0		20,9		0
11/12/2013 11:17	Lecturas		0	0	0	0	4	0		20,9		0
11/12/2013 11:17	Lecturas		0	0	0	0	4	0		20,9		0
11/12/2013 11:18	Lecturas		0	0	0	0	4	0		20,9		0
11/12/2013 11:18	Evento de unidad	Apagado manual										

Fuente. Elaborado por los Autores

Anexo K. Protocolo de Medición Equipo Gas Alert Max XT

Las mediciones para el análisis de los gases de escape en los motores Turbopan CFM 56 – 5B, RR Trent 700 y Turbohélice PW 127 M, se realizaron con el equipo Gas Alert Max XT; para este equipo se utilizó el protocolo de medición diseñado por la empresa URIGO S.A, este es entregado a los clientes cuando compran el equipo; el protocolo es una guía para su correcta utilización y para el manejo de la información que se exporta a Excel por medio del software fleet MANAGER.

Ficha Técnica del Equipo (Manual del operador).

Dimensiones del instrumento: 13.1 x 7.0 x 5.2 cm

Peso: 300 gramos

Temperatura de operación: -20 °C a 50°C

Temperatura de almacenamiento: -40°C a 60°C

Humedad de operación: 10% a 100% de humedad relativa (sin condensación).

Acceso de polvo y humedad: IP66/67

Valores de activación de alarma: Pueden variar según la región y son definidos por el usuario.

Limites de detección:

H₂S: 0 - 200 ppm (incrementos de 1 ppm)

CO: 0 - 1000 ppm (incrementos de 1 ppm)

O₂: 0 - 30.0% vol. (incrementos de vol. del 0.1%)

Gas combustible (LEL): 0 - 100% (incrementos de 1% LEL) ó 0 - 5.0% v/v de metano.

Tipo de sensor:

H₂S, CO, O₂: Celda electroquímica enchufable única

Gases combustibles: Perla catalítica enchufable

Principio de medición de O₂: Sensor de concentración controlado por capilares.

Condiciones de alarma: Alarma TWA (Promedio ponderado en el tiempo), alarma STEL (Límite de exposición a corto plazo), alarma de nivel bajo, alarma de nivel alto, alarma

de varios gases, alarma fuera de límites (OL), alarma de batería baja, bip de confianza, alarma de apagado automático y alarma de bomba.

Alarma sonora: Alarma sonora pulsante variable de 95 dB+ a 30 cm con batería con carga completa.

Alarma visual: Diodos emisores de luz roja (LED).

Pantalla: Pantalla de cristal líquido alfanumérica (LCD).

Iluminación: Se activa durante el encendido y al presionar un botón y se desactiva después de 10 segundos. También se activa durante una condición de alarma y permanece encendida hasta que cesa la alarma.

Autodiagnóstico: Se inicia durante la activación y de forma continua.

Calibración: cero automático y span automático.

Opciones de campo del usuario: Mensaje de arranque, bip de confianza, alarmas retenidas, modo seguro, bloqueo cuando hay un error durante el autodiagnóstico, forzar calibración, bloqueo de calibración IR, forzar prueba de respuesta, registro de ubicación, forzar prueba de bloqueo, establecer intervalo del registro de datos, establecer intervalo de confianza, selección de idiomas.

Opciones del sensor: Activar/desactivar sensor, establecer valores de calibración, establecer intervalo de calibración, establecer intervalo de prueba de respuesta, establecer valores de activación de alarma, establecer intervalo STEL, establecer período de TWA, activar/desactivar el cero automático durante el arranque, 5% LEL por encima de la calibración de sensibilidad, reconocimiento de alarma de nivel bajo, medición de oxígeno y medición de gases combustibles.

Batería recargable: Polímero de litio (MX-BAT01)

Cargador de batería: Adaptador de carga.

Primera carga: 6 horas

Carga normal: 6 horas

Garantía: 2 años, incluye los sensores

Aprobaciones:

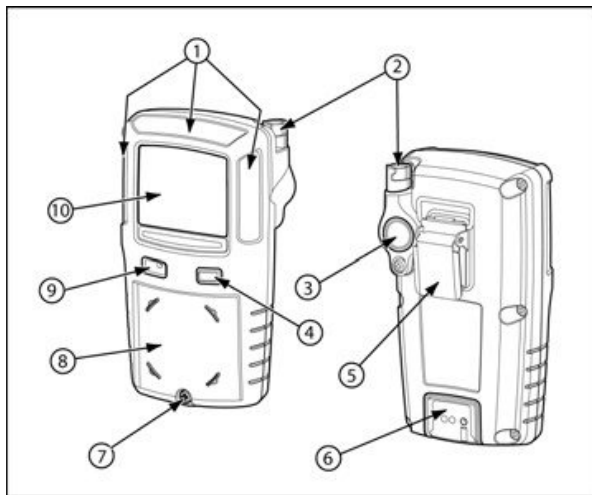
Aprobado por CSA de acuerdo con las normas de EE.UU. y Canadá

CAN/CSA C22.2 No. 157 y C22.2 152
 ANS/UL - 913 y ANSI/ISA - S12.13 Part 1
 CSAClase I, División 1, Grupo A, B, C, y D
 ATEXCE 0539 g II 1 G Ga Ex ia IIC T4KEMA xxATEXxxxx
 IECExGa Ex ia IIC T4

Piezas externas e internas del equipo Gas Alert Max XT.

Las figuras 58, 59 y 60 muestran los elementos tanto externos como internos del equipo, así como los elementos de la pantalla o display.

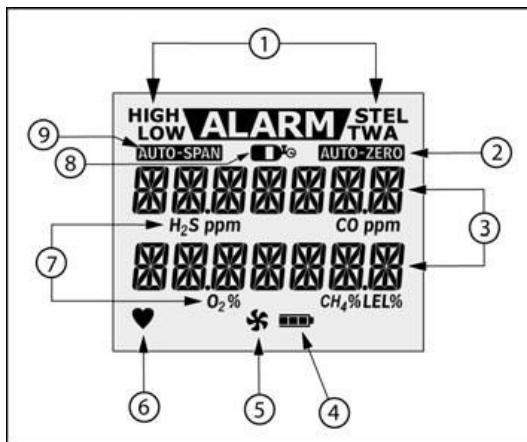
Elementos Externos Gas Alert Max XT.



Artículo	Descripción
1	Indicadores de alarma visual (LED)
2	Conector rápido de la bomba
3	Filtro de la bomba y filtro de humedad
4	Botones
5	Broche tipo caimán
6	Conector de carga e interfaz infrarroja
7	Tornillo de sujeción de la cubierta de difusión
8	Cubierta de difusión
9	Alarma sonora
10	Pantalla de cristal líquido (LCD)

Figura 58. Configuración externa. Datos obtenidos de (Manual del operador Gas Alert Max XT 2008)

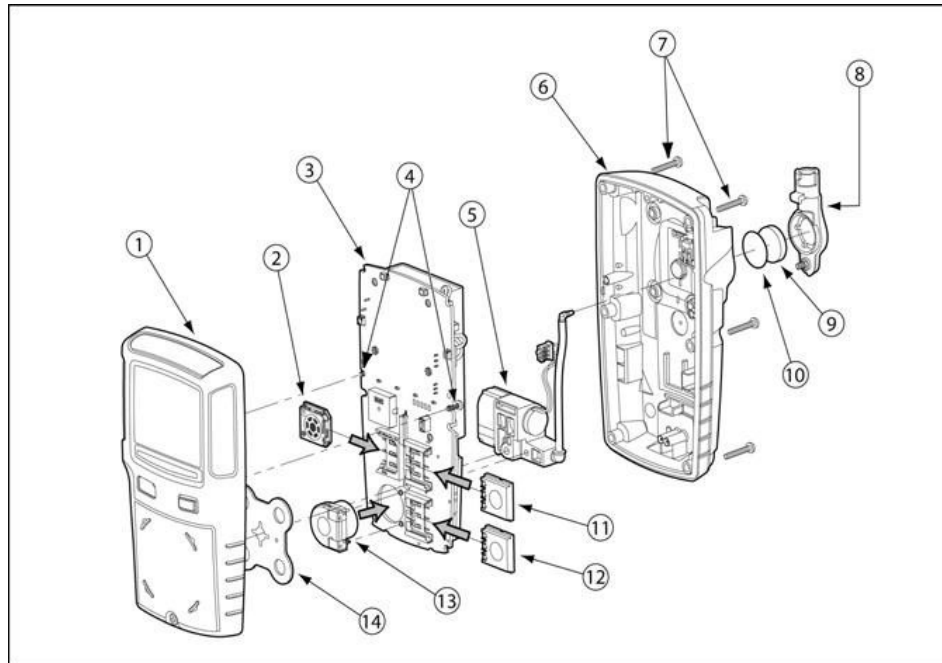
Elementos de la pantalla o display.



Artículo	Descripción
1	Condición de alarma
2	Cero automático de los sensores
3	Valores numéricos
4	Indicador de la vida útil de la batería
5	Indicador de la bomba
6	Indicador de funcionamiento correcto
7	Identificadores de tipo de gas
8	Cilindro de gas
9	Calibración automática de sensibilidad del sensor

Figura 59. Display. Datos obtenidos de (Manual del operador Gas Alert Max XT 2008)

Elementos Internos Gas Alert Max XT.



Artículo	Descripción
1	Cubierta frontal
2	Sensor de LEL
3	PCB (placa de circuitos de plástico)
4	Tornillos del PCB
5	Bomba
6	Cubierta posterior
7	Tornillos de la maquina
8	Entrada de la bomba
9	Filtro de la bomba (partículas)
10	Filtro de humedad
11	Sensor de CO
12	Sensor de H ₂ S
13	Sensor de O ₂
14	Filtro del sensor

Figura 60. Configuración interna. Datos obtenidos de (Manual del operador Gas Alert Max XT 2008)

Características del equipo Gas Alert Max XT.

Las características y la funcionalidad que tienen los sensores, el botón y demás elementos del equipo, se ilustran en las figuras 61 a la 70.

Pantalla y Botón.

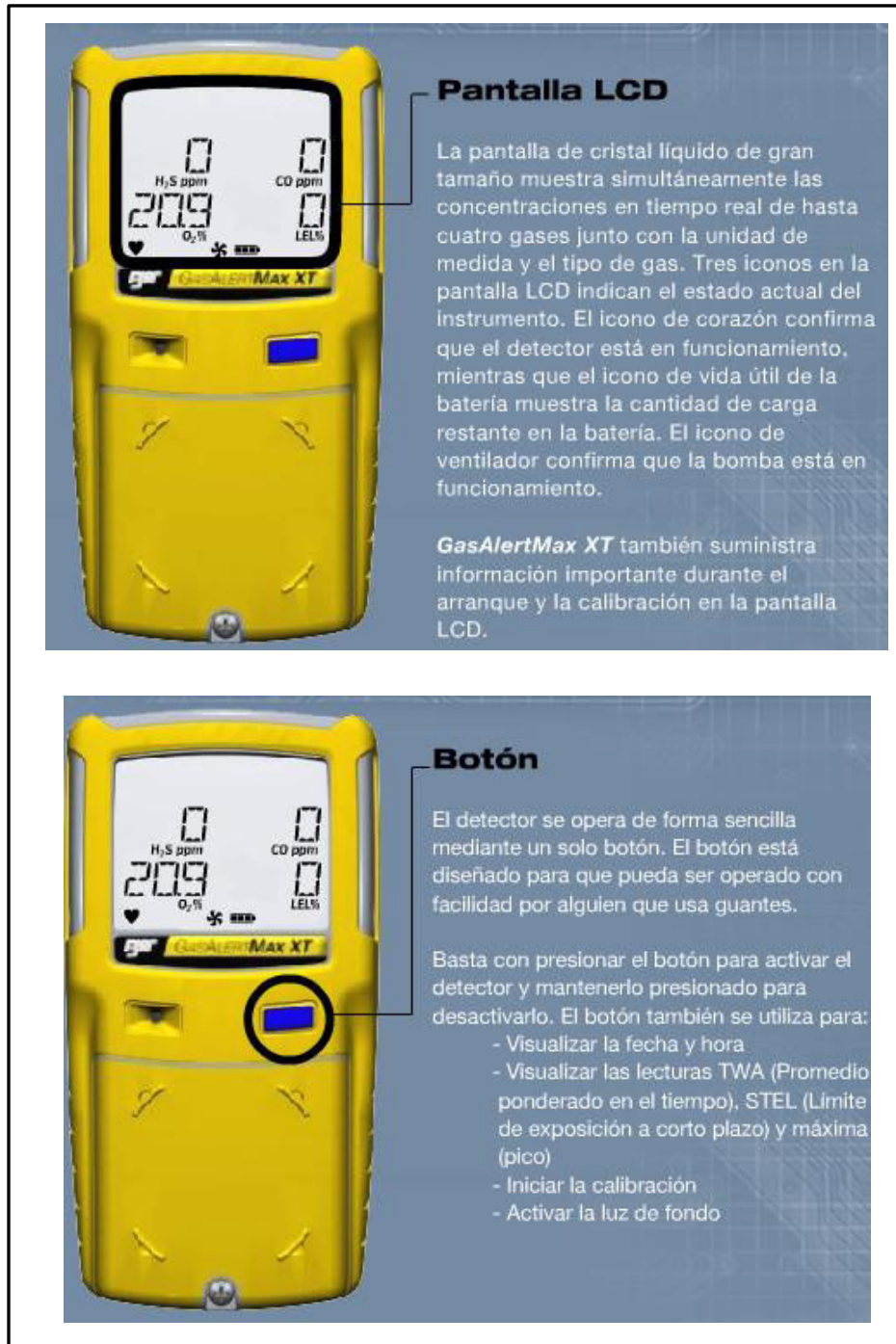


Figura 61. Pantalla y botón. Datos obtenidos de (Urigo S.A 2014)

Alarmas.



Figura 62. Alarmas visuales. Datos obtenidos de (Urigo S.A 2014)



Figura 63. Alarma sonora. Datos obtenidos de (Urigo S.A 2014)



Figura 64. Alarma vibratoria. Datos obtenidos de (Urigo S.A 2014)

Sensores.



Figura 65. Sensor de LEL. Datos obtenidos de (Urigo S.A 2014)



Figura 66. Sensor de O₂. Datos obtenidos de (Urigo S.A 2014)



Figura 67. Sensor de CO. Datos obtenidos de (Urigo S.A 2014)



Figura 68. Sensor de H₂S. Datos obtenidos de (Urigo S.A 2014)

Entrada de la bomba y puerto infrarrojo.



Figura 69. Entrada de la bomba. Datos obtenidos de (Urigo S.A 2014)



Figura 70. Puerto infrarrojo. Datos obtenidos de (Urigo S.A 2014)

Operaciones realizadas en el equipo Gas Alert Max XT.

Cuidado del instrumento.

El detector es un dispositivo de seguridad personal. Es importante utilizar el detector únicamente según las explicaciones del Manual del Operador. El mantenimiento adecuado de Gas Alert Max XT aumentara la vida útil y el rendimiento del detector de gases.

Para la limpieza de Gas Alert Max XT:

- Utilice únicamente un paño húmedo suave. No use solventes, productos cítricos, alcohol o productos basados en silicona, jabones o productos para pulir.
- Se puede usar una aspiradora para eliminar el polvo y las partículas. No use pulverizadores en aerosol ni instrumentos de aire de grado industrial diseñados para ser utilizados en computadores e impresoras.

La entrada de la bomba viene equipada con un accesorio de conexión rápida. No trate de forzar las mangueras o los reguladores hacia dentro de la entrada de la bomba. Utilice la manguera de calibración con conexión rápida que se suministra para conectarse a un regulador.

La bomba es una bomba de diafragma interno confiable, y necesita poco mantenimiento. Compruebe periódicamente que los filtros de la Bombay la entrada estén limpios y libres de polvo, y evite arrastrar agua hacia dentro de la bomba.

Los filtros de partículas y humedad evitan que el polvo y la humedad entren a la bomba. Se pueden cambiar con facilidad los filtros quitando el tornillo de la cubierta del filtro. Evite la acumulación de desechos en el puerto de carga y comunicaciones de infrarrojo (Operación del equipo Gas Alert Max XT suministrado por URIGO S.A). De la figura 71 a la 78 se muestra el encendido del equipo, prueba de la bomba y sensores.

Arranque.



Figura 71. **Arranque.** Datos obtenidos de (Urigo S.A 2014)

The screen displays 'ALARM' in large letters, with 'HIGH' and 'LOW' on the left and 'STEL' and 'TWA' on the right. Below this, there are two rows of eight small icons each, representing different gas sensors. The text 'H₂S ppm' and 'CO ppm' is visible between the rows. At the bottom of the screen, it says 'GasAlertMax XT'.

Arranque: prueba de las alarmas sonoras/visuales

Cuando se activa el detector, éste comprueba las alarmas sonora, visual y vibratoria.

Verifique que cada uno de estos elementos aparezca en la pantalla LCD. Asegúrese de que el detector emita bips, destellos y vibre y que se active la luz de fondo.

Siguiente ▶

The screen displays 'REV FW' in large letters, followed by 'XX_XXX' in a smaller font. Below this, there are some smaller icons and the text 'GasAlertMax XT' at the bottom.

Arranque: firmware

Luego en la pantalla LCD aparece "REV FW" y el número que representa la versión de firmware actual del detector. Si se ha cargado una nueva versión de firmware, este número se actualiza automáticamente.

Al actualizar el firmware del detector, se incorporan con facilidad las nuevas mejoras al detector. La versión de firmware más reciente siempre está disponible para su descarga en www.gasmonitors.com.

Siguiente ▶

Figura 72. Prueba de alarmas y firmware. Datos obtenidos de (Urigo S.A 2014)



Arranque: mensaje de arranque

A continuación, la pantalla LCD muestra un mensaje de arranque. El mensaje de arranque se puede modificar, o bien activar o desactivar mediante el equipo de conectividad infrarrojo con Fleet Manager. Si esta opción no está habilitada en el detector, se omite esta pantalla.

Los mensajes de arranque se pueden personalizar, y deben tener hasta 25 caracteres de largo. Entre los ejemplos del texto que se puede ingresar se incluyen nombre del empleado, planta, área, números de emergencia, etc.

Siguiente ▶



Arranque: prueba de la bomba: bloqueo de la entrada

Ahora *GasAlertMax XT* inicia la prueba de bloqueo de la bomba, para verificar que la bomba no esté bloqueada y que funcione bien.

Cuando se le indique que lo haga, bloquee con el dedo la entrada de la bomba o el extremo de la manguera de muestreo.

Notas: Si la opción para forzar la prueba de bloqueo está desactivada, se omite este paso. La cubierta de difusión debe estar colocada para que se pueda realizar esta prueba. A bajas temperaturas, la pantalla LCD puede mostrar una cuenta regresiva de calentamiento.

Siguiente ▶

Figura 73. Arranque y prueba de la bomba. Datos obtenidos de (Urigo S.A 2014)



Figura 74. Desbloqueo y funcionamiento de la bomba. Datos obtenidos de (Urigo S.A 2014)

Arranque: valores de activación de la alarma TWA

A continuación, la pantalla LCD muestra los valores de activación de las alarmas del detector, empezando por los valores de activación de la alarma TWA (promedio ponderado en el tiempo) para CO y H₂S. Verifique que los valores de activación de la alarma TWA sean los correctos.

Nota: Para obtener una explicación sobre TWA, haga clic en "alarma TWA" en el menú que aparece al costado. Los valores de activación de las alarmas pueden variar según la región.

Siguiente ▶

Arranque: valores de activación de la alarma STEL

Ahora se verifican los valores de activación de la alarma STEL (límite de exposición a corto plazo) para CO y H₂S.

Nota: Para obtener una explicación sobre STEL, haga clic en "alarma STEL" en el menú que aparece al costado. Los valores de activación de las alarmas pueden variar según la región.

Siguiente ▶

Figura 75. Valores de activación de la alarma TWA y STEL. Datos obtenidos de (Urigo S.A 2014)

Arranque: valores de activación de la alarma de nivel bajo

Ahora verifique los valores de activación de la alarma de nivel bajo para todos los sensores disponibles.

Notas: Para obtener una explicación sobre la alarma de nivel bajo, haga clic en "alarma de nivel bajo" en el menú que aparece al costado. Los valores de activación de las alarmas pueden variar según la región.

Siguiente ▶

Arranque: valores de activación de la alarma de nivel alto

Ahora verifique los valores de activación de la alarma de nivel alto para todos los sensores disponibles.

Nota: Para obtener una explicación sobre la alarma de nivel alto, haga clic en "alarma de nivel alto" en el menú que aparece al costado. Los valores de activación de las alarmas pueden variar según la región.

Siguiente ▶

Figura 76. Valores de activación de las alarmas de alto y bajo nivel. Datos obtenidos de (Urigo S.A 2014)



Figura 77. Autodiagnóstico y ejecución. Datos obtenidos de (Urigo S.A 2014)

Arranque: cero automático

Ahora el detector se pone en cero automático. Esto significa que las lecturas de CO, H₂S y LEL se ponen en 0 (cero) automáticamente. La lectura del sensor de O₂ se establece como 20.9%. Por lo tanto, es fundamental que el arranque se realice en una atmósfera limpia y normal, libre de cualquier gas peligroso.

Nota: Este paso se omite si la opción del usuario de cero automático en el arranque está desactivada.

Siguiente ▶

Arranque: operación normal

Una vez que se hayan realizado y completado correctamente todas las pruebas durante la secuencia de arranque, el detector empieza a funcionar normalmente. La pantalla LCD muestra las concentraciones de gas en el ambiente y los iconos de estado del instrumento. El detector empieza a registrar la máxima exposición al gas (MAX), y calcular las exposiciones STEL (límite de exposición a corto plazo) y TWA (promedio ponderado en el tiempo).

Ahora está listo para usar el detector **GasAlertMax XT**.

Figura 78. Cero automático y operación normal. Datos obtenidos de (Urigo S.A 2014)

Utilización del software fleet MANAGER.

El software fleet MANAGER, administra los datos obtenidos en las mediciones efectuadas por una serie de equipos del fabricante Honeywell, entre ellos el equipo analizador de gases Gas Alert Max XT. A continuación se mostrara el proceso que se siguió para el manejo del software y para la adquisición de los datos que posteriormente fueron analizados.

El procedimiento que se siguió inicialmente para la utilización del equipo Gas Alert Max XT en los motores del análisis, se encuentra descrito en las secciones 4.5.2 y 4.5.3; los datos obtenidos en estas pruebas fueron guardados en la memoria del equipo.

Con los datos ya guardados en la memoria del equipo Gas Alert Max XT, se procedió a descargar la información del registro al software fleet MANAGER; para esto se utilizó un cable de datos que se conecta a la interfaz infrarroja del equipo Gas Alert Max XT y al puerto USB de la computadora que tiene ya instalado el software fleet MANAGER.

Procedimiento.

1. Ingrese al software fleet MANAGER en la computadora (ver figura 79)

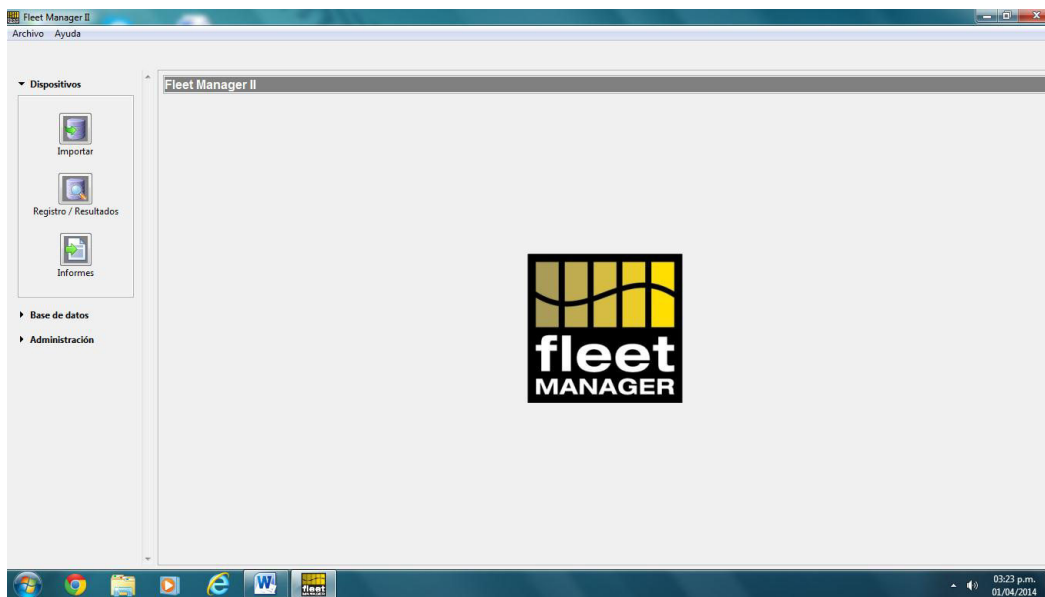


Figura 79. Ingreso software fleet MANAGER. Datos obtenidos de (Urigo S.A 2014)

2. Pique en el icono **importar** y pique en la pestaña **Desde el dispositivo conectado** (ver figura 80).
3. Seleccione **Gas Alert Max XT** e **Importar registro de datos desde el dispositivo** (ver figura 80).

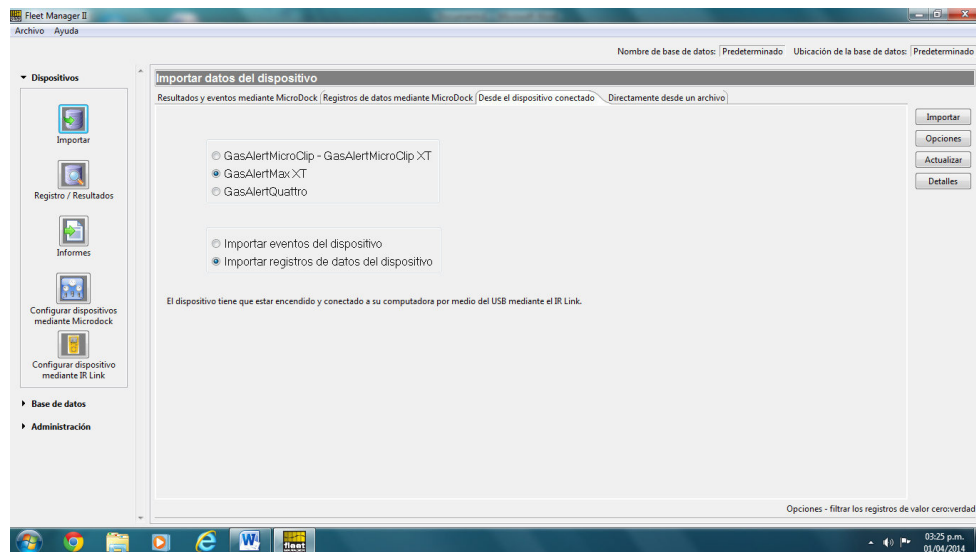


Figura 80. Importar registro de datos. Datos obtenidos de (Urigo S.A 2014)

4. Al lado derecho de la pantalla hay 4 cuadros con acciones a realizar. Picar en el cuadro que dice **Opciones** (ver figura 80).
5. Aparece un cuadro que dice **Selección del dispositivo**. Picar en **Gas Alert Max XT** (ver figura 81).

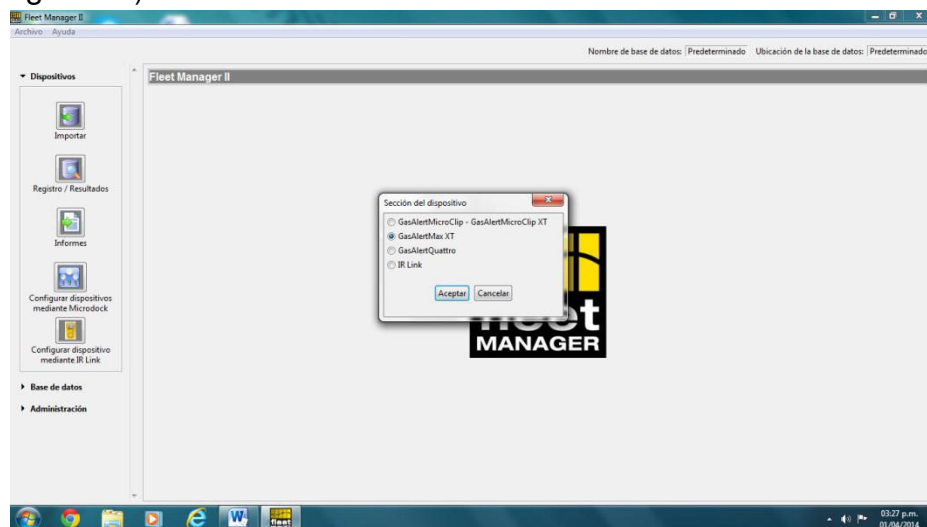


Figura 81. Selección del dispositivo. Datos obtenidos de (Urigo S.A 2014)

6. Apare un cuadro con las opciones de usuario. En este se debe revisar la configuración de los sensores para la medición de los gases H_2S , CO , O_2 y CH_4 (LEL). Lo más importante es delimitar el nivel de las alarmas; por ejemplo para el CO la alarma de nivel bajo se encuentra en 35 ppm que es lo establecido por las normas que se aplicaron en el estudio. El intervalo de registro de datos que se utilizo fue de 15 segundos para los cuatro gases (ver figuras 82 a la 85).

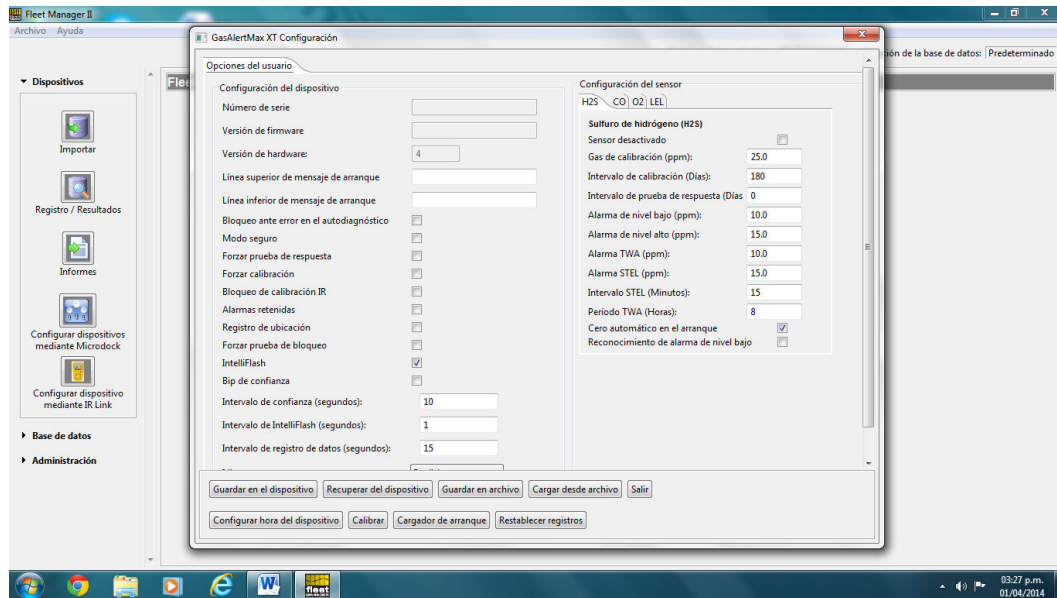


Figura 82. Configuración del sensor H_2S . Datos obtenidos de (Urigo S.A 2014)

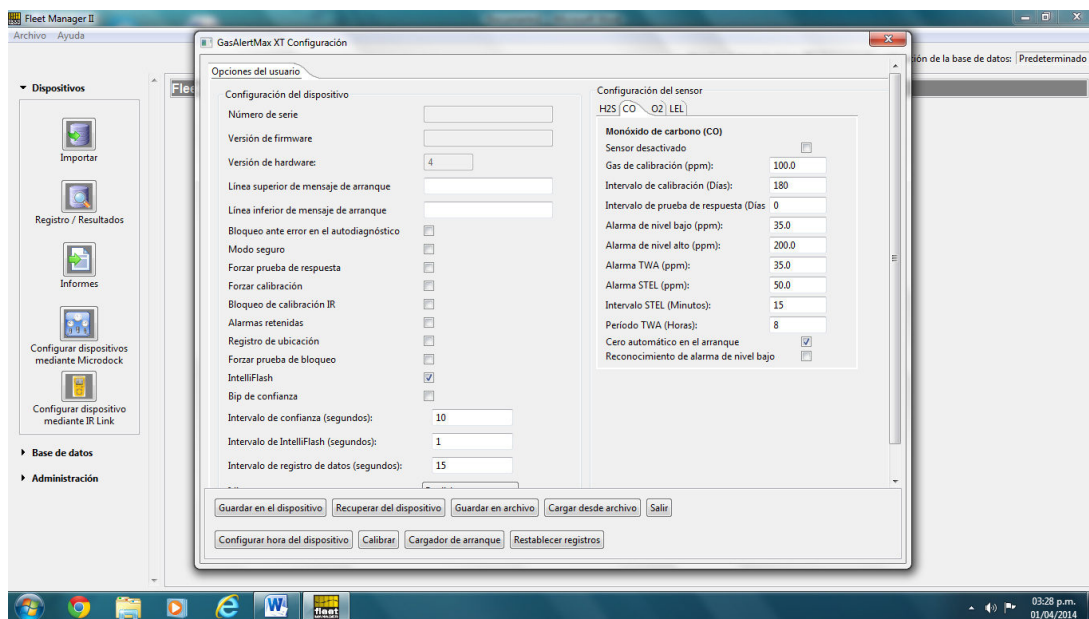


Figura 83. Configuración del sensor CO. Datos obtenidos de (Urigo S.A 2014)

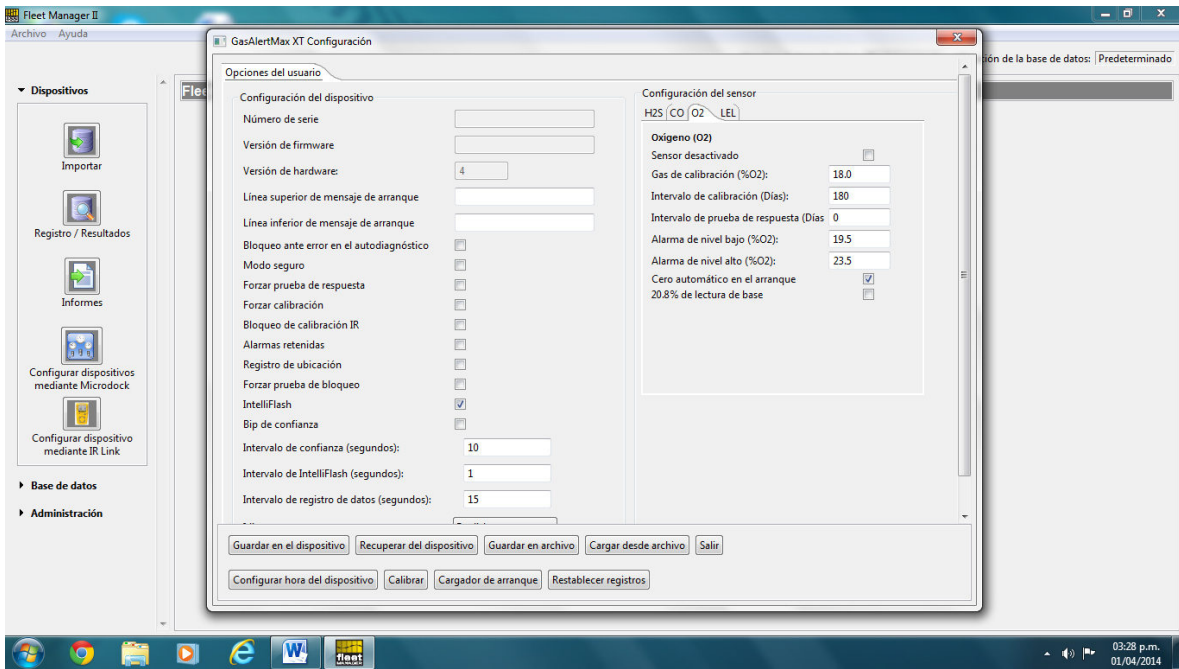


Figura 84. Configuración del sensor O₂. Datos obtenidos de (Urigo S.A 2014)

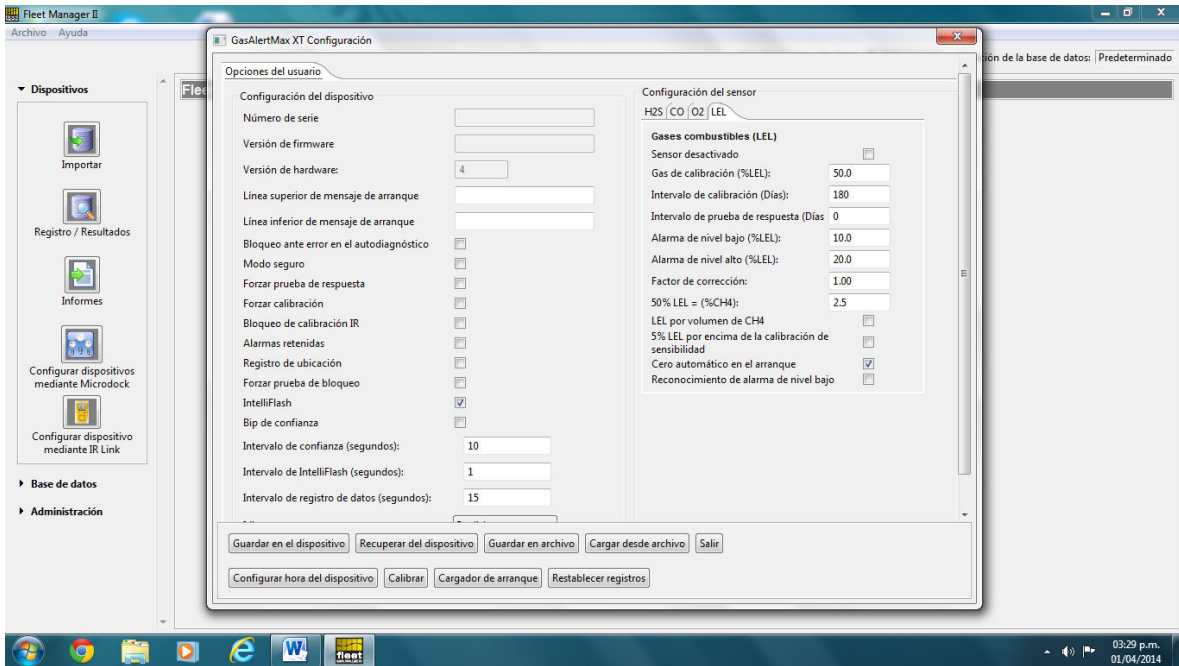


Figura 85. Configuración del sensor LEL. Datos obtenidos de (Urigo S.A 2014)

7. Una vez realizada la revisión anterior, en la parte inferior de la pantalla se pica en los cuadros **Guardar en el dispositivo**, **Guardar en archivo** y **Salir**.
8. En la parte izquierda de la pantalla se pica en el icono **Registro/Resultados**. Aparece entonces la vista de registro/resultados del equipo Gas Alert Max XT (MA109-004198); en donde se encuentra la hora de registro, el tipo de registro, el estado de la unidad y las lecturas efectuadas de los gases correspondientes (ver figura 86).

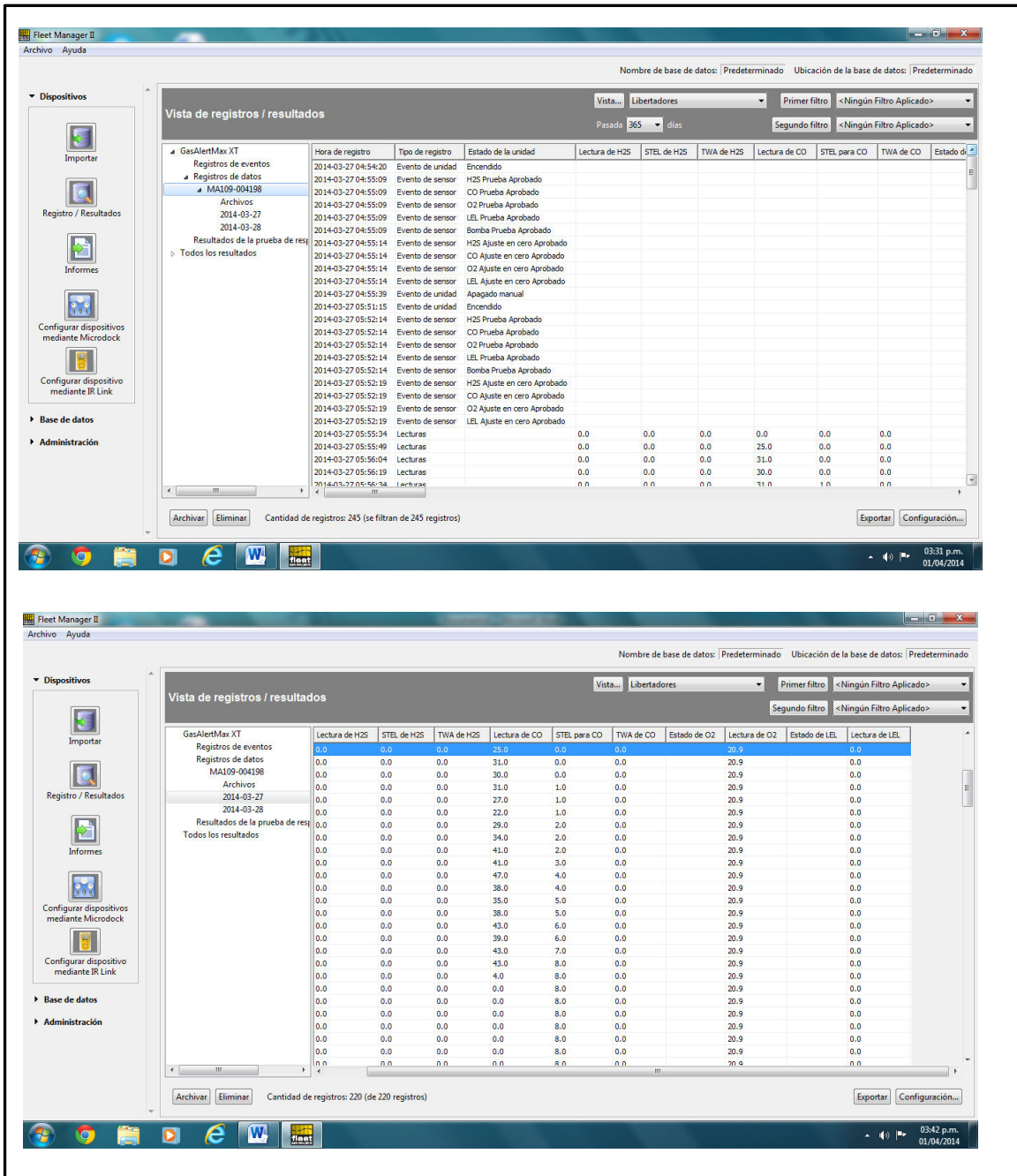


Figura 86. Vista de registros y resultados. Datos obtenidos de (Urigo S.A 2014)

9. En la parte inferior de la pantalla se pica en el cuadro **Exportar** (ver figura 86). La información es entonces exportada a una hoja de cálculo de Excel para un mejor manejo de la información (ver figura 87).

10	Hora de registro	Tipo de registro	Estado de la unidad	Lectura de H2S	STEL de H2S	TWA de H2S	Lectura de CO	STEL para CO	TWA de C
11	27/03/2014 04:55	Evento de sensor	LEL Ajuste en cero Aprobado						
12	27/03/2014 04:55	Evento de unidad	Apagado manual						
13	27/03/2014 05:51	Evento de unidad	Encendido						
14	27/03/2014 05:52	Evento de sensor	H2S Prueba Aprobado						
15	27/03/2014 05:52	Evento de sensor	CO Prueba Aprobado						
16	27/03/2014 05:52	Evento de sensor	O2 Prueba Aprobado						
17	27/03/2014 05:52	Evento de sensor	LEL Prueba Aprobado						
18	27/03/2014 05:52	Evento de sensor	Bomba Prueba Aprobado						
19	27/03/2014 05:52	Evento de sensor	H2S Ajuste en cero Aprobado						
20	27/03/2014 05:52	Evento de sensor	CO Ajuste en cero Aprobado						
21	27/03/2014 05:52	Evento de sensor	O2 Ajuste en cero Aprobado						
22	27/03/2014 05:52	Evento de sensor	LEL Ajuste en cero Aprobado						
23	27/03/2014 05:55	Lecturas		0	0	0	0	0	
24	27/03/2014 05:55	Lecturas		0	0	0	25	0	
25	27/03/2014 05:56	Lecturas		0	0	0	31	0	
26	27/03/2014 05:56	Lecturas		0	0	0	30	0	

Figura 87. Datos exportados a una hoja de excel. Datos obtenidos de (Urigo S.A 2014)

Anexo L. Lecturas del equipo Gas Alert Max XT para los motores Turbopan CFM56-5B y RR Trent 700

Hora de registro	Tipo de registro	Estado de la unidad	Lectura de H2S	STEL de H2S	TWA de H2S	Lectura de CO	STEL para CO	TWA de CO	Estado de O2	Lectura de O2	Estado de LEL	Lectura de LEL
12/05/2014 10:54	Evento de unidad	Encendido										
12/05/2014 10:54	Evento de sensor	H2S Prueba Aprobado										
12/05/2014 10:54	Evento de sensor	CO Prueba Aprobado										
12/05/2014 10:54	Evento de sensor	O2 Prueba Aprobado										
12/05/2014 10:54	Evento de sensor	LEL Prueba Aprobado										
12/05/2014 10:54	Evento de sensor	Bomba Prueba Aprobado										
12/05/2014 10:54	Evento de sensor	H2S Ajuste en cero Aprobado										
12/05/2014 10:54	Evento de sensor	CO Ajuste en cero Aprobado										
12/05/2014 10:54	Evento de sensor	O2 Ajuste en cero Aprobado										
12/05/2014 10:54	Evento de sensor	LEL Ajuste en cero Aprobado										
12/05/2014 10:54	Lecturas		0	0	0	0	0	0		20,9		0
12/05/2014 10:55	Lecturas		0	0	0	0	0	0		20,9		0
12/05/2014 10:55	Lecturas		0	0	0	10	0	0		20,9		0
12/05/2014 10:56	Lecturas		0	0	0	11	0	0		20,9		0
12/05/2014 10:56	Lecturas		0	0	0	14	0	0		20,9		0
12/05/2014 10:56	Lecturas		0	0	0	20	1	0		20,9		0
12/05/2014 10:56	Lecturas		0	0	0	21	1	0		20,9		0
12/05/2014 10:57	Lecturas		0	0	0	22	1	0		20,9		0
12/05/2014 10:57	Lecturas		0	0	0	23	2	0		20,9		0
12/05/2014 10:57	Lecturas		0	0	0	26	2	0		20,9		0
12/05/2014 10:57	Lecturas		0	0	0	25	2	0		20,9		0
12/05/2014 10:58	Lecturas		0	0	0	23	3	0		20,9		0
12/05/2014 10:58	Lecturas		0	0	0	21	4	0		20,9		0
12/05/2014 10:58	Lecturas		0	0	0	22	4	0		20,9		0
12/05/2014 10:58	Lecturas		0	0	0	26	5	0		20,9		0
12/05/2014 10:59	Lecturas		0	0	0	30	5	0		20,9		0
12/05/2014 10:59	Lecturas		0	0	0	28	6	0		20,9		0
12/05/2014 10:59	Lecturas		0	0	0	26	6	0		20,9		0
12/05/2014 10:59	Lecturas		0	0	0	31	7	0		20,9		0
12/05/2014 11:00	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	35	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:00	Lecturas		0	0	0	32	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:00	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:00	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:01	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:01	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:01	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:01	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:01	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:02	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:02	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:02	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:02	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:03	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:03	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:03	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:03	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:04	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:04	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:04	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0

Fuente. Elaborado por los Autores

12/05/2014 11:05	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:05	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:05	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:05	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:06	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:06	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:06	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:06	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:07	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:07	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:07	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:07	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:08	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:08	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:08	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:08	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:09	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:09	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:09	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:09	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:10	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:10	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:10	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:10	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:11	Lecturas		0	0	0	0	7	0		20,9		0
12/05/2014 11:11	Lecturas		0	0	0	0	7	0		20,9		0
12/05/2014 11:11	Lecturas		0	0	0	0	7	0		20,9		0
12/05/2014 11:11	Lecturas		0	0	0	0	6	0		20,9		0
12/05/2014 11:12	Lecturas		0	0	0	28	6	0		20,9		0
12/05/2014 11:12	Lecturas		0	0	0	26	6	0		20,9		0
12/05/2014 11:12	Lecturas		0	0	0	25	6	0		20,9		0
12/05/2014 11:12	Lecturas		0	0	0	23	6	0		20,9		0
12/05/2014 11:13	Lecturas		0	0	0	19	6	0		20,9		0
12/05/2014 11:13	Lecturas		0	0	0	17	5	0		20,9		0
12/05/2014 11:13	Lecturas		0	0	0	18	5	0		20,9		0
12/05/2014 11:13	Lecturas		0	0	0	19	5	0		20,9		0
12/05/2014 11:14	Lecturas		0	0	0	20	5	0		20,9		0
12/05/2014 11:14	Lecturas		0	0	0	22	5	0		20,9		0
12/05/2014 11:14	Lecturas		0	0	0	25	4	0		20,9		0
12/05/2014 11:14	Lecturas		0	0	0	24	4	0		20,9		0
12/05/2014 11:15	Lecturas		0	0	0	29	3	0		20,9		0
12/05/2014 11:15	Lecturas		0	0	0	28	3	0		20,9		0
12/05/2014 11:15	Lecturas		0	0	0	19	4	0		20,9		0
12/05/2014 11:15	Lecturas		0	0	0	26	4	0		20,9		0
12/05/2014 11:16	Lecturas		0	0	0	28	4	0		20,9		0
12/05/2014 11:16	Lecturas		0	0	0	25	4	0		20,9		0
12/05/2014 11:16	Lecturas		0	0	0	28	4	0		20,9		0
12/05/2014 11:16	Lecturas		0	0	0	30	4	0		20,9		0
12/05/2014 11:17	Lecturas		0	0	0	32	4	0		20,9		0
12/05/2014 11:17	Lecturas		0	0	0	0	4	0		20,9		0

Fuente. Elaborado por los Autores

12/05/2014 11:30	Lecturas		0	0	0	16	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:30	Lecturas		0	0	0	12	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:31	Lecturas		0	0	0	9	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:31	Lecturas		0	0	0	11	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:31	Lecturas		0	0	0	19	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:31	Lecturas		0	0	0	29	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:32	Lecturas		0	0	0	34	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:32	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	37	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:32	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	39	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:32	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	38	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:33	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	35	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:33	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	36	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:33	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	38	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:33	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	41	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:34	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	44	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:34	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	45	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:34	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	47	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:34	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	46	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:35	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	44	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:35	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	41	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:35	Lecturas		0	0	0	32	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:35	Lecturas		0	0	0	0	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:36	Lecturas		0	0	0	0	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:36	Lecturas		0	0	0	0	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:36	Lecturas		0	0	0	0	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:36	Lecturas		0	0	0	0	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:37	Lecturas		0	0	0	0	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:37	Lecturas		0	0	0	0	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:37	Lecturas		0	0	0	0	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:37	Lecturas		0	0	0	0	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:37	Lecturas		0	0	0	0	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:38	Lecturas		0	0	0	0	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:38	Lecturas		0	0	0	0	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:38	Lecturas		0	0	0	0	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:38	Lecturas		0	0	0	0	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:39	Lecturas		0	0	0	0	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:39	Lecturas		0	0	0	0	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:39	Lecturas		0	0	0	0	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:39	Lecturas		0	0	0	21	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:40	Lecturas		0	0	0	14	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:40	Lecturas		0	0	0	20	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:40	Lecturas		0	0	0	25	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:40	Lecturas		0	0	0	29	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:41	Lecturas		0	0	0	33	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:41	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	35	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:41	Lecturas		0	0	0	34	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:41	Lecturas		0	0	0	33	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:42	Lecturas		0	0	0	32	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:42	Lecturas		0	0	0	29	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:42	Lecturas		0	0	0	27	8	0	20,9	0
12/05/2014 11:42	Lecturas		0	0	0	29	8	0	20,9	0

Fuente. Elaborado por los Autores

12/05/2014 11:43	Lecturas		0	0	0	31	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:43	Lecturas		0	0	0	30	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:43	Lecturas		0	0	0	31	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:43	Lecturas		0	0	0	32	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:44	Lecturas		0	0	0	34	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:44	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	35	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:44	Lecturas		0	0	0	33	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:34	Lecturas		0	0	0	34	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:45	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	35	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:45	Lecturas		0	0	0	33	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:45	Lecturas		0	0	0	29	8	0		20,9		0
12/05/2014 11:46	Evento de unidad	Apagado manual										
12/05/2014 15:21	Evento de unidad	Encendido										
12/05/2014 15:22	Evento de sensor	H2S Prueba Aprobado										
12/05/2014 15:22	Evento de sensor	CO Prueba Aprobado										
12/05/2014 15:22	Evento de sensor	O2 Prueba Aprobado										
12/05/2014 15:22	Evento de sensor	LEL Prueba Aprobado										
12/05/2014 15:22	Evento de sensor	Bomba Prueba Aprobado										
12/05/2014 15:22	Evento de sensor	H2S Ajuste en cero Aprobado										
12/05/2014 15:22	Evento de sensor	CO Ajuste en cero Aprobado										
12/05/2014 15:22	Evento de sensor	O2 Ajuste en cero Aprobado										
12/05/2014 15:22	Evento de sensor	LEL Ajuste en cero Aprobado										
12/05/2014 15:22	Lecturas	Autocero	0	0	0	0	0	0	Autocero	20,9	Autocero	0
12/05/2014 15:24	Lecturas		0	0	0	0	0	0		20,9		0
12/05/2014 15:25	Lecturas		0	0	0	5	0	0		20,9		0
12/05/2014 15:25	Lecturas		0	0	0	17	0	0		20,9		0
12/05/2014 15:25	Lecturas		0	0	0	32	0	0		20,9		0
12/05/2014 15:25	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	38	0	0		20,9		0
12/05/2014 15:26	Lecturas		0	0	0	34	1	0		20,9		0
12/05/2014 15:26	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	39	1	0		20,9		0
12/05/2014 15:26	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	38	2	0		20,9		0
12/05/2014 15:26	Lecturas		0	0	0	25	2	0		20,9		0
12/05/2014 15:27	Lecturas		0	0	0	25	3	0		20,9		0
12/05/2014 15:27	Lecturas		0	0	0	27	3	0		20,9		0
12/05/2014 15:27	Lecturas		0	0	0	25	3	0		20,9		0
12/05/2014 15:27	Lecturas		0	0	0	34	4	0		20,9		0
12/05/2014 15:28	Lecturas		0	0	0	13	4	0		20,9		0
12/05/2014 15:28	Lecturas		0	0	0	9	4	0		20,9		0
12/05/2014 15:28	Lecturas		0	0	0	5	4	0		20,9		0
12/05/2014 15:28	Lecturas		0	0	0	10	4	0		20,9		0
12/05/2014 15:29	Lecturas		0	0	0	14	4	0		20,9		0
12/05/2014 15:29	Lecturas		0	0	0	19	4	0		20,9		0
12/05/2014 15:29	Lecturas		0	0	0	23	4	0		20,9		0
12/05/2014 15:29	Lecturas		0	0	0	28	4	0		20,9		0
12/05/2014 15:30	Lecturas		0	0	0	32	4	0		20,9		0
12/05/2014 15:30	Lecturas		0	0	0	0	4	0		20,9		0
12/05/2014 15:30	Lecturas		0	0	0	0	4	0		20,9		0
12/05/2014 15:30	Lecturas		0	0	0	0	4	0		20,9		0
12/05/2014 15:31	Lecturas		0	0	0	0	4	0		20,9		0
12/05/2014 15:31	Lecturas		0	0	0	0	4	0		20,9		0

Fuente. Elaborado por los Autores

12/05/2014 15:59	Lecturas		0	0	0	27	1	0		20,9		0
12/05/2014 15:59	Lecturas		0	0	0	32	1	0		20,9		0
12/05/2014 15:59	Lecturas		0	0	0	26	1	0		20,9		0
12/05/2014 15:59	Lecturas		0	0	0	24	1	0		20,9		0
12/05/2014 16:00	Lecturas		0	0	0	30	2	0		20,9		0
12/05/2014 16:00	Lecturas		0	0	0	26	2	0		20,9		0
12/05/2014 16:00	Lecturas		0	0	0	16	3	0		20,9		0
12/05/2014 16:00	Lecturas		0	0	0	14	3	0		20,9		0
12/05/2014 16:01	Lecturas		0	0	0	5	3	0		20,9		0
12/05/2014 16:01	Lecturas		0	0	0	8	3	0		20,9		0
12/05/2014 16:01	Lecturas		0	0	0	14	3	0		20,9		0
12/05/2014 16:01	Lecturas		0	0	0	21	3	0		20,9		0
12/05/2014 16:02	Lecturas		0	0	0	22	3	0		20,9		0
12/05/2014 16:02	Lecturas		0	0	0	19	3	0		20,9		0
12/05/2014 16:02	Lecturas		0	0	0	17	3	0		20,9		0
12/05/2014 16:02	Lecturas		0	0	0	20	3	0		20,9		0
12/05/2014 16:03	Lecturas		0	0	0	23	3	0		20,9		0
12/05/2014 16:03	Lecturas		0	0	0	25	3	0		20,9		0
12/05/2014 16:03	Lecturas		0	0	0		3	0		20,9		0
12/05/2014 16:03	Lecturas		0	0	0		3	0		20,9		0
12/05/2014 16:04	Lecturas		0	0	0		3	0		20,9		0
12/05/2014 16:04	Lecturas		0	0	0		3	0		20,9		0
12/05/2014 16:04	Lecturas		0	0	0		3	0		20,9		0
12/05/2014 16:04	Lecturas		0	0	0		3	0		20,9		0
12/05/2014 16:05	Lecturas		0	0	0		3	0		20,9		0
12/05/2014 16:05	Lecturas		0	0	0		3	0		20,9		0
12/05/2014 16:05	Lecturas		0	0	0		3	0		20,9		0
12/05/2014 16:05	Lecturas		0	0	0		3	0		20,9		0
12/05/2014 16:06	Lecturas		0	0	0		3	0		20,9		0
12/05/2014 16:06	Lecturas		0	0	0		3	0		20,9		0
12/05/2014 16:06	Lecturas		0	0	0		3	0		20,9		0
12/05/2014 16:06	Lecturas		0	0	0		3	0		20,9		0
12/05/2014 16:07	Lecturas		0	0	0		3	0		20,9		0
12/05/2014 16:07	Lecturas		0	0	0		3	0		20,9		0
12/05/2014 16:07	Lecturas		0	0	0		3	0		20,9		0
12/05/2014 16:07	Lecturas		0	0	0		3	0		20,9		0
12/05/2014 16:08	Lecturas		0	0	0		3	0		20,9		0
12/05/2014 16:08	Lecturas		0	0	0		3	0		20,9		0
12/05/2014 16:08	Lecturas		0	0	0		3	0		20,9		0
12/05/2014 16:08	Lecturas		0	0	0	29	3	0		20,9		0
12/05/2014 16:09	Lecturas		0	0	0	24	3	0		20,9		0
12/05/2014 16:09	Lecturas		0	0	0	25	3	0		20,9		0
12/05/2014 16:09	Lecturas		0	0	0	22	3	0		20,9		0
12/05/2014 16:09	Lecturas		0	0	0	20	3	0		20,9		0
12/05/2014 16:10	Lecturas		0	0	0	19	3	0		20,9		0
12/05/2014 16:10	Lecturas		0	0	0	18	3	0		20,9		0
12/05/2014 16:10	Lecturas		0	0	0	17	3	0		20,9		0
12/05/2014 16:10	Lecturas		0	0	0	19	3	0		20,9		0
12/05/2014 16:11	Lecturas		0	0	0	23	3	0		20,9		0
12/05/2014 16:11	Lecturas		0	0	0	25	3	0		20,9		0

Fuente. Elaborado por los Autores

12/05/2014 16:11	Lecturas		0	0	0	26	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:11	Lecturas		0	0	0	28	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:12	Lecturas		0	0	0	32	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:12	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	35	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:12	Lecturas		0	0	0	31	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:12	Lecturas		0	0	0	26	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:13	Lecturas		0	0	0	28	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:13	Lecturas		0	0	0	30	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:13	Lecturas		0	0	0	26	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:13	Lecturas		0	0	0	22	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:14	Lecturas		0	0	0		3	0	20,9	0
12/05/2014 16:14	Lecturas		0	0	0		3	0	20,9	0
12/05/2014 16:14	Lecturas		0	0	0		3	0	20,9	0
12/05/2014 16:14	Lecturas		0	0	0		3	0	20,9	0
12/05/2014 16:15	Lecturas		0	0	0		3	0	20,9	0
12/05/2014 16:15	Lecturas		0	0	0		3	0	20,9	0
12/05/2014 16:15	Lecturas		0	0	0		3	0	20,9	0
12/05/2014 16:15	Lecturas		0	0	0		3	0	20,9	0
12/05/2014 16:16	Lecturas		0	0	0		3	0	20,9	0
12/05/2014 16:16	Lecturas		0	0	0		3	0	20,9	0
12/05/2014 16:16	Lecturas		0	0	0		3	0	20,9	0
12/05/2014 16:16	Lecturas		0	0	0		3	0	20,9	0
12/05/2014 16:16	Lecturas		0	0	0		3	0	20,9	0
12/05/2014 16:17	Lecturas		0	0	0		3	0	20,9	0
12/05/2014 16:17	Lecturas		0	0	0	27	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:17	Lecturas		0	0	0	30	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:17	Lecturas		0	0	0	29	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:18	Lecturas		0	0	0	25	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:18	Lecturas		0	0	0	23	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:18	Lecturas		0	0	0	25	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:18	Lecturas		0	0	0	28	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:19	Lecturas		0	0	0	25	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:19	Lecturas		0	0	0	22	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:19	Lecturas		0	0	0	17	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:19	Lecturas		0	0	0	14	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:20	Lecturas		0	0	0	11	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:20	Lecturas		0	0	0	7	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:20	Lecturas		0	0	0	9	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:20	Lecturas		0	0	0	11	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:21	Lecturas		0	0	0	19	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:21	Lecturas		0	0	0	29	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:21	Lecturas		0	0	0	34	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:21	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	37	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:22	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	38	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:22	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	35	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:22	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	36	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:22	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	38	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:23	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	35	3	0	20,9	0
12/05/2014 16:23	Evento de unidad	Apagado manual								

Fuente. Elaborado por los Autores

Anexo M. Lecturas del equipo Gas Alert Max XT para el motor Turbohélice PW 127M

Hora de registro	Tipo de registro	Estado de la unidad	Lectura de H2S	STEL de H2S	TWA de H2S	Lectura de CO	STEL para CO	TWA de CO	Estado de O2	Lectura de O2	Estado de LEL	Lectura de LEL
27/03/2014 4:54	Evento de unidad	Encendido										
27/03/2014 4:55	Evento de sensor	H2S Prueba Aprobado										
27/03/2014 4:55	Evento de sensor	CO Prueba Aprobado										
27/03/2014 4:55	Evento de sensor	O2 Prueba Aprobado										
27/03/2014 4:55	Evento de sensor	LEL Prueba Aprobado										
27/03/2014 4:55	Evento de sensor	Bomba Prueba Aprobado										
27/03/2014 4:55	Evento de sensor	H2S Ajuste en cero Aprobado										
27/03/2014 4:55	Evento de sensor	CO Ajuste en cero Aprobado										
27/03/2014 4:55	Evento de sensor	O2 Ajuste en cero Aprobado										
27/03/2014 4:55	Evento de sensor	LEL Ajuste en cero Aprobado										
27/03/2014 4:55	Evento de unidad	Apagado manual										
27/03/2014 5:51	Evento de unidad	Encendido										
27/03/2014 5:52	Evento de sensor	H2S Prueba Aprobado										
27/03/2014 5:52	Evento de sensor	CO Prueba Aprobado										
27/03/2014 5:52	Evento de sensor	O2 Prueba Aprobado										
27/03/2014 5:52	Evento de sensor	LEL Prueba Aprobado										
27/03/2014 5:52	Evento de sensor	Bomba Prueba Aprobado										
27/03/2014 5:52	Evento de sensor	H2S Ajuste en cero Aprobado										
27/03/2014 5:52	Evento de sensor	CO Ajuste en cero Aprobado										
27/03/2014 5:52	Evento de sensor	O2 Ajuste en cero Aprobado										
27/03/2014 5:52	Evento de sensor	LEL Ajuste en cero Aprobado										
27/03/2014 5:55	Lecturas		0	0	0	0	0	0		20,9		0
27/03/2014 5:55	Lecturas		0	0	0	25	0	0		20,9		0
27/03/2014 5:56	Lecturas		0	0	0	31	0	0		20,9		0
27/03/2014 5:56	Lecturas		0	0	0	30	0	0		20,9		0
27/03/2014 5:56	Lecturas		0	0	0	31	1	0		20,9		0
27/03/2014 5:56	Lecturas		0	0	0	27	1	0		20,9		0
27/03/2014 5:57	Lecturas		0	0	0	22	1	0		20,9		0
27/03/2014 5:57	Lecturas		0	0	0	29	2	0		20,9		0
27/03/2014 5:57	Lecturas		0	0	0	34	2	0		20,9		0
27/03/2014 5:57	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	41	2	0		20,9		0
27/03/2014 5:58	Lecturas		0	0	0	41	3	0		20,9		0
27/03/2014 5:58	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	47	4	0		20,9		0
27/03/2014 5:58	Lecturas		0	0	0	38	4	0		20,9		0
27/03/2014 5:58	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	35	5	0		20,9		0
27/03/2014 5:59	Lecturas		0	0	0	38	5	0		20,9		0
27/03/2014 5:59	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	43	6	0		20,9		0
27/03/2014 5:59	Lecturas		0	0	0	39	6	0		20,9		0
27/03/2014 5:59	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	43	7	0		20,9		0
27/03/2014 6:00	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	43	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:00	Lecturas		0	0	0	4	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:00	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:00	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:01	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:01	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:01	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:01	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:02	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0
27/03/2014 6:02	Lecturas		0	0	0	0	8	0		20,9		0

Fuente. Elaborado por los Autores

27/03/2014 6:15	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	55	3	0	20,9	0
27/03/2014 6:15	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	51	3	0	20,9	0
27/03/2014 6:15	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	44	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:15	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	47	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:16	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	46	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:16	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	42	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:16	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	46	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:16	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	51	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:17	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	52	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:17	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	53	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:17	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	55	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:17	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:18	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:18	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:18	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:18	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:19	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:19	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:19	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:19	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:20	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:20	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:20	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:20	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:21	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:21	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:21	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:21	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:22	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:22	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:22	Lecturas		0	0	0	11	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:22	Lecturas		0	0	0	19	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:23	Lecturas		0	0	0	29	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:23	Lecturas		0	0	0	34	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:23	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	37	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:23	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	39	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:24	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	38	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:24	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	35	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:24	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	36	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:24	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	38	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:25	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	41	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:25	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	44	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:25	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	45	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:25	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	47	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:26	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	46	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:26	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	44	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:26	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	41	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:26	Lecturas		0	0	0	32	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:27	Lecturas		0	0	0	29	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:27	Lecturas		0	0	0	33	4	0	20,9	0

Fuente. Elaborado por los Autores

27/03/2014 6:27	Lecturas		0	0	0	31	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:27	Lecturas		0	0	0	29	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:28	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:28	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:28	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:28	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:28	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:29	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:29	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:29	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:29	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:30	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:30	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:30	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	46	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:31	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	55	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:31	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	61	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:31	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	62	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:31	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	58	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:32	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	63	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:32	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	68	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:32	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	72	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:32	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	66	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:33	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	61	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:33	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	58	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:33	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	55	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:33	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	62	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:34	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	65	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:34	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	63	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:34	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	59	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:34	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	61	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:35	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	64	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:35	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	65	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:35	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	64	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:35	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	60	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:36	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	62	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:36	Lecturas	Alarma de nivel bajo	0	0	0	60	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:36	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:36	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:37	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:37	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:37	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:37	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:38	Lecturas		0	0	0	0	4	0	20,9	0
27/03/2014 6:38	Evento de unidad	Apagado manual	0	0	0	0	4	0	20,9	0

Fuente. Elaborado por los Autores


Channel	Start Time	End Time	Channel Name	Channel ID	Channel Type	Channel Logo	Channel Description	Channel Website	Channel URL
001	07:30	08:00	001	001	TV	001	001	001	001
002	08:00	08:30	002	002	TV	002	002	002	002
003	08:30	09:00	003	003	TV	003	003	003	003
004	09:00	09:30	004	004	TV	004	004	004	004
005	09:30	10:00	005	005	TV	005	005	005	005
006	10:00	10:30	006	006	TV	006	006	006	006
007	10:30	11:00	007	007	TV	007	007	007	007
008	11:00	11:30	008	008	TV	008	008	008	008
009	11:30	12:00	009	009	TV	009	009	009	009
010	12:00	12:30	010	010	TV	010	010	010	010
011	12:30	13:00	011	011	TV	011	011	011	011
012	13:00	13:30	012	012	TV	012	012	012	012
013	13:30	14:00	013	013	TV	013	013	013	013
014	14:00	14:30	014	014	TV	014	014	014	014
015	14:30	15:00	015	015	TV	015	015	015	015
016	15:00	15:30	016	016	TV	016	016	016	016
017	15:30	16:00	017	017	TV	017	017	017	017
018	16:00	16:30	018	018	TV	018	018	018	018
019	16:30	17:00	019	019	TV	019	019	019	019
020	17:00	17:30	020	020	TV	020	020	020	020
021	17:30	18:00	021	021	TV	021	021	021	021
022	18:00	18:30	022	022	TV	022	022	022	022
023	18:30	19:00	023	023	TV	023	023	023	023
024	19:00	19:30	024	024	TV	024	024	024	024
025	19:30	20:00	025	025	TV	025	025	025	025
026	20:00	20:30	026	026	TV	026	026	026	026
027	20:30	21:00	027	027	TV	027	027	027	027
028	21:00	21:30	028	028	TV	028	028	028	028
029	21:30	22:00	029	029	TV	029	029	029	029
030	22:00	22:30	030	030	TV	030	030	030	030
031	22:30	23:00	031	031	TV	031	031	031	031
032	23:00	23:30	032	032	TV	032	032	032	032
033	23:30	00:00	033	033	TV	033	033	033	033
034	00:00	00:30	034	034	TV	034	034	034	034
035	00:30	01:00	035	035	TV	035	035	035	035
036	01:00	01:30	036	036	TV	036	036	036	036
037	01:30	02:00	037	037	TV	037	037	037	037
038	02:00	02:30	038	038	TV	038	038	038	038
039	02:30	03:00	039	039	TV	039	039	039	039
040	03:00	03:30	040	040	TV	040	040	040	040
041	03:30	04:00	041	041	TV	041	041	041	041
042	04:00	04:30	042	042	TV	042	042	042	042
043	04:30	05:00	043	043	TV	043	043	043	043
044	05:00	05:30	044	044	TV	044	044	044	044
045	05:30	06:00	045	045	TV	045	045	045	045
046	06:00	06:30	046	046	TV	046	046	046	046
047	06:30	07:00	047	047	TV	047	047	047	047
048	07:00	07:30	048	048	TV	048	048	048	048
049	07:30	08:00	049	049	TV	049	049	049	049
050	08:00	08:30	050	050	TV	050	050	050	050
051	08:30	09:00	051	051	TV	051	051	051	051
052	09:00	09:30	052	052	TV	052	052	052	052
053	09:30	10:00	053	053	TV	053	053	053	053
054	10:00	10:30	054	054	TV	054	054	054	054
055	10:30	11:00	055	055	TV	055	055	055	055
056	11:00	11:30	056	056	TV	056	056	056	056
057	11:30	12:00	057	057	TV	057	057	057	057
058	12:00	12:30	058	058	TV	058	058	058	058
059	12:30	13:00	059	059	TV	059	059	059	059
060	13:00	13:30	060	060	TV	060	060	060	060
061	13:30	14:00	061	061	TV	061	061	061	061
062	14:00	14:30	062	062	TV	062	062	062	062
063	14:30	15:00	063	063	TV	063	063	063	063
064	15:00	15:30	064	064	TV	064	064	064	064
065	15:30	16:00	065	065	TV	065	065	065	065
066	16:00	16:30	066	066	TV	066	066	066	066
067	16:30	17:00	067	067	TV	067	067	067	067
068	17:00	17:30	068	068	TV	068	068	068	068
069	17:30	18:00	069	069	TV	069	069	069	069
070	18:00	18:30	070	070	TV	070	070	070	070
071	18:30	19:00	071	071	TV	071	071	071	071
072	19:00	19:30	072	072	TV	072	072	072	072
073	19:30	20:00	073	073	TV	073	073	073	073
074	20:00	20:30	074	074	TV	074	074	074	074
075	20:30	21:00	075	075	TV	075	075	075	075
076	21:00	21:30	076	076	TV	076	076	076	076
077	21:30	22:00	077	077	TV	077	077	077	077
078	22:00	22:30	078	078	TV	078	078	078	078
079	22:30	23:00	079	079	TV	079	079	079	079
080	23:00	23:30	080	080	TV	080	080	080	080
081	23:30	00:00	081	081	TV	081	081	081	081
082	00:00	00:30	082	082	TV	082	082	082	082
083	00:30	01:00	083	083	TV	083	083	083	083
084	01:00	01:30	084	084	TV	084	084	084	084
085	01:30	02:00	085	085	TV	085	085	085	085
086	02:00	02:30	086	086	TV	086	086	086	086
087	02:30	03:00	087	087	TV	087	087	087	087
088	03:00	03:30	088	088	TV	088	088	088	088
089	03:30	04:00	089	089	TV	089	089	089	089
090	04:00	04:30	090	090	TV	090	090	090	090
091	04:30	05:00	091	091	TV	091	091	091	091
092	05:00	05:30	092	092	TV	092	092	092	092
093	05:30	06:00	093	093	TV	093	093	093	093
094	06:00	06:30	094	094	TV	094	094	094	094
095	06:30	07:00	095	095	TV	095	095	095	095
096	07:00	07:30	096	096	TV	096	096	096	096
097	07:30	08:00	097	097	TV	097	097	097	097
098	08:00	08:30	098	098	TV	098	098	098	098
099	08:30	09:00	099	099	TV	099	099	099	099
100	09:00	09:30	100	100	TV	100	100	100	100

A large data table with multiple columns and rows, containing various numerical and categorical data points.

Model	Year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Model 1	Year 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Model 2	Year 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Model 3	Year 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Proj	Typ	Q1	Q2	Q3	Q4	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22	Y23	Y24	Y25	Y26	Y27	Y28	Y29	Y30	Y31	Y32	Y33	Y34	Y35	Y36	Y37	Y38	Y39	Y40	Y41	Y42	Y43	Y44	Y45	Y46	Y47	Y48	Y49	Y50	Y51	Y52	Y53	Y54	Y55	Y56	Y57	Y58	Y59	Y60	Y61	Y62	Y63	Y64	Y65	Y66	Y67	Y68	Y69	Y70	Y71	Y72	Y73	Y74	Y75	Y76	Y77	Y78	Y79	Y80	Y81	Y82	Y83	Y84	Y85	Y86	Y87	Y88	Y89	Y90	Y91	Y92	Y93	Y94	Y95	Y96	Y97	Y98	Y99	Y100	Y101	Y102	Y103	Y104	Y105	Y106	Y107	Y108	Y109	Y110	Y111	Y112	Y113	Y114	Y115	Y116	Y117	Y118	Y119	Y120	Y121	Y122	Y123	Y124	Y125	Y126	Y127	Y128	Y129	Y130	Y131	Y132	Y133	Y134	Y135	Y136	Y137	Y138	Y139	Y140	Y141	Y142	Y143	Y144	Y145	Y146	Y147	Y148	Y149	Y150	Y151	Y152	Y153	Y154	Y155	Y156	Y157	Y158	Y159	Y160	Y161	Y162	Y163	Y164	Y165	Y166	Y167	Y168	Y169	Y170	Y171	Y172	Y173	Y174	Y175	Y176	Y177	Y178	Y179	Y180	Y181	Y182	Y183	Y184	Y185	Y186	Y187	Y188	Y189	Y190	Y191	Y192	Y193	Y194	Y195	Y196	Y197	Y198	Y199	Y200	Y201	Y202	Y203	Y204	Y205	Y206	Y207	Y208	Y209	Y210	Y211	Y212	Y213	Y214	Y215	Y216	Y217	Y218	Y219	Y220	Y221	Y222	Y223	Y224	Y225	Y226	Y227	Y228	Y229	Y230	Y231	Y232	Y233	Y234	Y235	Y236	Y237	Y238	Y239	Y240	Y241	Y242	Y243	Y244	Y245	Y246	Y247	Y248	Y249	Y250	Y251	Y252	Y253	Y254	Y255	Y256	Y257	Y258	Y259	Y260	Y261	Y262	Y263	Y264	Y265	Y266	Y267	Y268	Y269	Y270	Y271	Y272	Y273	Y274	Y275	Y276	Y277	Y278	Y279	Y280	Y281	Y282	Y283	Y284	Y285	Y286	Y287	Y288	Y289	Y290	Y291	Y292	Y293	Y294	Y295	Y296	Y297	Y298	Y299	Y300	Y301	Y302	Y303	Y304	Y305	Y306	Y307	Y308	Y309	Y310	Y311	Y312	Y313	Y314	Y315	Y316	Y317	Y318	Y319	Y320	Y321	Y322	Y323	Y324	Y325	Y326	Y327	Y328	Y329	Y330	Y331	Y332	Y333	Y334	Y335	Y336	Y337	Y338	Y339	Y340	Y341	Y342	Y343	Y344	Y345	Y346	Y347	Y348	Y349	Y350	Y351	Y352	Y353	Y354	Y355	Y356	Y357	Y358	Y359	Y360	Y361	Y362	Y363	Y364	Y365	Y366	Y367	Y368	Y369	Y370	Y371	Y372	Y373	Y374	Y375	Y376	Y377	Y378	Y379	Y380	Y381	Y382	Y383	Y384	Y385	Y386	Y387	Y388	Y389	Y390	Y391	Y392	Y393	Y394	Y395	Y396	Y397	Y398	Y399	Y400	Y401	Y402	Y403	Y404	Y405	Y406	Y407	Y408	Y409	Y410	Y411	Y412	Y413	Y414	Y415	Y416	Y417	Y418	Y419	Y420	Y421	Y422	Y423	Y424	Y425	Y426	Y427	Y428	Y429	Y430	Y431	Y432	Y433	Y434	Y435	Y436	Y437	Y438	Y439	Y440	Y441	Y442	Y443	Y444	Y445	Y446	Y447	Y448	Y449	Y450	Y451	Y452	Y453	Y454	Y455	Y456	Y457	Y458	Y459	Y460	Y461	Y462	Y463	Y464	Y465	Y466	Y467	Y468	Y469	Y470	Y471	Y472	Y473	Y474	Y475	Y476	Y477	Y478	Y479	Y480	Y481	Y482	Y483	Y484	Y485	Y486	Y487	Y488	Y489	Y490	Y491	Y492	Y493	Y494	Y495	Y496	Y497	Y498	Y499	Y500	Y501	Y502	Y503	Y504	Y505	Y506	Y507	Y508	Y509	Y510	Y511	Y512	Y513	Y514	Y515	Y516	Y517	Y518	Y519	Y520	Y521	Y522	Y523	Y524	Y525	Y526	Y527	Y528	Y529	Y530	Y531	Y532	Y533	Y534	Y535	Y536	Y537	Y538	Y539	Y540	Y541	Y542	Y543	Y544	Y545	Y546	Y547	Y548	Y549	Y550	Y551	Y552	Y553	Y554	Y555	Y556	Y557	Y558	Y559	Y560	Y561	Y562	Y563	Y564	Y565	Y566	Y567	Y568	Y569	Y570	Y571	Y572	Y573	Y574	Y575	Y576	Y577	Y578	Y579	Y580	Y581	Y582	Y583	Y584	Y585	Y586	Y587	Y588	Y589	Y590	Y591	Y592	Y593	Y594	Y595	Y596	Y597	Y598	Y599	Y600	Y601	Y602	Y603	Y604	Y605	Y606	Y607	Y608	Y609	Y610	Y611	Y612	Y613	Y614	Y615	Y616	Y617	Y618	Y619	Y620	Y621	Y622	Y623	Y624	Y625	Y626	Y627	Y628	Y629	Y630	Y631	Y632	Y633	Y634	Y635	Y636	Y637	Y638	Y639	Y640	Y641	Y642	Y643	Y644	Y645	Y646	Y647	Y648	Y649	Y650	Y651	Y652	Y653	Y654	Y655	Y656	Y657	Y658	Y659	Y660	Y661	Y662	Y663	Y664	Y665	Y666	Y667	Y668	Y669	Y670	Y671	Y672	Y673	Y674	Y675	Y676	Y677	Y678	Y679	Y680	Y681	Y682	Y683	Y684	Y685	Y686	Y687	Y688	Y689	Y690	Y691	Y692	Y693	Y694	Y695	Y696	Y697	Y698	Y699	Y700	Y701	Y702	Y703	Y704	Y705	Y706	Y707	Y708	Y709	Y710	Y711	Y712	Y713	Y714	Y715	Y716	Y717	Y718	Y719	Y720	Y721	Y722	Y723	Y724	Y725	Y726	Y727	Y728	Y729	Y730	Y731	Y732	Y733	Y734	Y735	Y736	Y737	Y738	Y739	Y740	Y741	Y742	Y743	Y744	Y745	Y746	Y747	Y748	Y749	Y750	Y751	Y752	Y753	Y754	Y755	Y756	Y757	Y758	Y759	Y760	Y761	Y762	Y763	Y764	Y765	Y766	Y767	Y768	Y769	Y770	Y771	Y772	Y773	Y774	Y775	Y776	Y777	Y778	Y779	Y780	Y781	Y782	Y783	Y784	Y785	Y786	Y787	Y788	Y789	Y790	Y791	Y792	Y793	Y794	Y795	Y796	Y797	Y798	Y799	Y800	Y801	Y802	Y803	Y804	Y805	Y806	Y807	Y808	Y809	Y810	Y811	Y812	Y813	Y814	Y815	Y816	Y817	Y818	Y819	Y820	Y821	Y822	Y823	Y824	Y825	Y826	Y827	Y828	Y829	Y830	Y831	Y832	Y833	Y834	Y835	Y836	Y837	Y838	Y839	Y840	Y841	Y842	Y843	Y844	Y845	Y846	Y847	Y848	Y849	Y850	Y851	Y852	Y853	Y854	Y855	Y856	Y857	Y858	Y859	Y860	Y861	Y862	Y863	Y864	Y865	Y866	Y867	Y868	Y869	Y870	Y871	Y872	Y873	Y874	Y875	Y876	Y877	Y878	Y879	Y880	Y881	Y882	Y883	Y884	Y885	Y886	Y887	Y888	Y889	Y890	Y891	Y892	Y893	Y894	Y895	Y896	Y897	Y898	Y899	Y900	Y901	Y902	Y903	Y904	Y905	Y906	Y907	Y908	Y909	Y910	Y911	Y912	Y913	Y914	Y915	Y916	Y917	Y918	Y919	Y920	Y921	Y922	Y923	Y924	Y925	Y926	Y927	Y928	Y929	Y930	Y931	Y932	Y933	Y934	Y935	Y936	Y937	Y938	Y939	Y940	Y941	Y942	Y943	Y944	Y945	Y946	Y947	Y948	Y949	Y950	Y951	Y952	Y953	Y954	Y955	Y956	Y957	Y958	Y959	Y960	Y961	Y962	Y963	Y964	Y965	Y966	Y967	Y968	Y969	Y970	Y971	Y972	Y973	Y974	Y975	Y976	Y977	Y978	Y979	Y980	Y981	Y982	Y983	Y984	Y985	Y986	Y987	Y988	Y989	Y990	Y991	Y992	Y993	Y994	Y995	Y996	Y997	Y998	Y999	Y1000
------	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------


Anexo O. Normas OSHA 29CFR 1910.146, nota de aplicación AP206. Guía de comprobación atmosférica en espacios reducidos.



Nota de aplicación AP-206
rev 3d dat.08-99

Guía de comprobación atmosférica en espacios reducidos


Esta nota de aplicación ha sido diseñada para ofrecer información general y para actuar como un



recordatorio de los peligros asociados a los riesgos atmosféricos en un espacio reducido. En ella se trata lo siguiente:

- ¿Qué es un espacio reducido?
- Peligros atmosféricos encontrados en un espacio reducido.
- Productos RAE Systems para entrada a espacios reducidos.

¿Qué es un espacio reducido?
El estándar de 'entrada a espacio reducido' fue establecido por la *OSHA 29CFR 1910.146* en abril de 1993. Este estándar fue desarrollado para proporcionar un plan de trabajo definido para la entrada a un espacio reducido. Las entradas a espacios reducidos forman parte de la rutina diaria en un lugar de trabajo industrial.



Un 'espacio reducido' se define como un espacio que:


- es suficientemente grande para que un empleado pueda entrar y realizar trabajos en él.
- presenta una entrada o salida limitada o restringida.
- no ha sido diseñado para una ocupación humana continuada.

Un 'espacio reducido que requiere permiso' se define como:
Un espacio reducido, que presenta además de una de las siguientes características:

- Contiene, o presenta un potencial conocido de contener una atmósfera peligrosa.
- Contiene material que puede producir atrapamiento.
- Presenta un diseño interno que podría atrapar o asfixiar a la persona que entra.
- Contiene cualquier peligro reconocido para la salud o la seguridad.

Ejemplos de espacios reducidos:

- Tanques o recipientes de almacenamiento
- Alcantarillas y galerías de visita
- Depósitos de herramientas subterráneos
- Silos agrícolas
- Vagones cisterna
- Tanques de barcos
- Túneles
- Elevadores de silos de cereales



1

RAE Systems Inc.
3775 N. First St., San Jose, CA 95134-1708 USA
Teléfono: +1.888.723.8823
Correo electrónico: raesales@raesystems.com
Sitio Web: www.raesystems.com



Nota de aplicación AP-206

rev 3d dat.08-99

Peligros atmosféricos en espacios reducidos

Los peligros atmosféricos que aparecen en un espacio reducido son aquellos que exponen a los entrantes a un riesgo como la muerte, atrapamiento, lesiones o enfermedades agudas provocadas por una o más de las siguientes causas:

Oxígeno

Una concentración de oxígeno atmosférico inferior a 19,5% (deficiencia de oxígeno) o superior al 23,5% (enriquecimiento de oxígeno).

Potenciales efectos de las atmósferas suficientes o deficientes en oxígeno

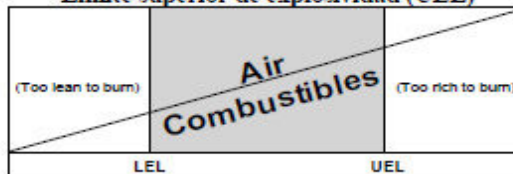
Contenido de oxígeno (% en vol.)	Efectos y síntomas (a presión atmosférica)
> 23,5%	Enriquecido en oxígeno, peligro extremo de incendio
20,9%	Concentración normal de oxígeno en el aire
19,5%	Nivel mínimo de oxígeno permisible
15-19%	Disminuye la capacidad de trabajar tenazmente, puede afectar a la coordinación y puede causar síntomas tempranos de problemas coronarios, pulmonares o circulatorios
10-12%	La respiración aumenta en velocidad y profundidad; escaso juicio, labios azules
8-10%	Fallo mental, desvanecimiento, inconsciencia, tez pálida, náuseas y vómitos
6-8%	Recuperación aún posible tras cuatro a cinco minutos. 50% de fatalidad tras seis minutos. Fatalidad tras ocho minutos.
4-6%	Coma en 40 segundos, convulsiones, parada respiratoria, muerte

Estos valores son aproximados y pueden variar en función del estado de salud y de la actividad física realizada por el individuo.

Gases combustibles

Un gas o vapor inflamable en una cantidad que supere en un 10% su límite inferior de explosividad (LEL) sigue estando por debajo de su límite superior de explosividad (UEL).

Límite inferior de explosividad (LEL) vs. Límite superior de explosividad (UEL)



- La concentración mínima (mezcla aire-combustible) a la que un gas se puede inflamar se denomina Límite Inferior de Explosividad (LEL). Las concentraciones que se encuentran por debajo de este límite son demasiado escasas para arder.
- La concentración máxima a la que se puede inflamar es el Límite Superior de Explosividad (UEL). Por encima de dicha concentración, la mezcla es demasiado rica para arder.

El triángulo de fuego

Para que se produzca la combustión, deben existir tres elementos:

1. Combustible
2. Oxígeno para apoyar la combustión
3. Calor o una fuente de ignición



Esto es lo que se denomina el triángulo de fuego. Si falta alguno de los tres elementos, la combustión no se producirá.

Gas combustible: porcentaje en volumen

Los monitores de supervisión VRAE para uno a cinco gases de RAE Systems miden % de LEL y % en volumen.

Así, por ejemplo, el LEL del metano es del 5% en volumen, y el UEL es del 15% en volumen. Cuando en un espacio reducido se alcanza un 2,5% en volumen de metano, este valor correspondería al 50% de LEL. (5% de metano en volumen sería el 100% de LEL). Entre el 5 y el 15% en volumen, una chispa provocaría una explosión.

Los diferentes gases presentan diferentes concentraciones en % en volumen para alcanzar el 100% de LEL. Algunos ejemplos son:



Nota de aplicación AP-206

rev 3d dat.08-99

el LEL del pentano es 1,5% en volumen; el LEL del hexano es 1,1% en volumen; el LEL del propano es 2,1% en volumen y el LEL de la gasolina es 1,4% en volumen.

Gases tóxicos

Una concentración atmosférica de cualquier contenedor tóxico que se encuentre por encima del límite de exposición permisible (PEL) de la OSHA. A continuación, se muestran algunos ejemplos de los gases tóxicos que se encuentran más comúnmente en un espacio reducido.

Gas tóxico	TWA	STEL	Límite	IDLH
Amoniaco	25 ppm	35 ppm	--	500 ppm
Monóxido de carbono	25 ppm	--	200 ppm	1.500 ppm
Cloro	0,5 ppm	1 ppm	--	30 ppm
Cianuro de hidrógeno	--	4,7 ppm	--	50 ppm
Sulfuro de hidrógeno	10 ppm	15 ppm	--	300 ppm
Oxido nítrico	25 ppm	--	--	100 ppm
Dióxido de azufre	2 ppm	5 ppm	--	100 ppm

Efectos potencialmente letales: CO y H₂S

Efectos de exposición al monóxido de carbono		
ppm	Tiempo	Efectos y síntomas
35	8 horas	Nivel de exposición permisible
200	3 horas	Ligero dolor de cabeza y malestar
400	2 horas	Dolor de cabeza, malestar
600	1 hora	Dolor de cabeza, malestar
1000-2000	2 horas	Confusión, malestar
1000-2000	½ - 1 hora	Tendencia a tambalearse
1000-2000	30	Ligeras palpitaciones
2000-2500	30	Inconsciencia
4000	> 1 hora	Fatalidad

Efectos de exposición al sulfuro de hidrógeno		
ppm	Tiempo	Efectos y síntomas
10	8 horas	Nivel de exposición permisible
50-100	1 hora	Ligera irritación respiratoria y ocular
200-300	1 hora	Marcada irritación respiratoria y ocular
500-700	½ - 1 hora	Inconsciencia, muerte
>1000	Minutos	Inconsciencia, muerte

Control de espacios reducidos para determinación de peligros atmosféricos

Antes de entrar a un espacio reducido, es necesario controlar el aire del interior del mismo. La comprobación de un espacio reducido en busca de peligros atmosféricos se debe realizar remotamente antes de entrar, y se debe llevar a cabo en este orden:

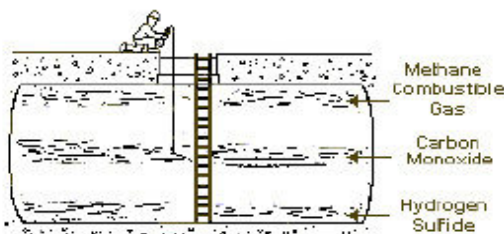
- **Oxígeno.** Asegurarse de que los niveles de oxígeno son adecuados.
- **Gases combustibles.** Asegurarse de que no existen gases combustibles.
- **Gases tóxicos.** Asegurarse de que los gases tóxicos se encuentran por debajo del límite de exposición permisible de OSHA. Los gases tóxicos más comúnmente encontrados en un espacio reducido podrían ser el sulfuro de hidrógeno (H₂S) y el monóxido de carbono (CO), pero también se pueden encontrar otros compuestos tóxicos. RAE Systems ofrece monitores para evaluar todos estos gases de forma individualizada o simultánea.

En un espacio reducido es importante tomar muestras en la parte superior, intermedia e inferior para localizar las concentraciones variables de gases y vapores. Algunos gases son más ligeros que el aire (por ejemplo, el metano y otros gases combustibles), por lo que se pueden encontrar en la parte superior de un espacio reducido. Otros son más pesados que el aire (por ejemplo, el sulfuro de hidrógeno), por lo que se pueden asentar cerca de la parte inferior de un espacio reducido. Y hay otros gases que tienen el mismo peso que el aire (por ejemplo, el monóxido de carbono), y que se pueden encontrar por todo el espacio reducido.



Nota de aplicación AP-206

rev 3d dat.08-99



Tome muestras de aire de diferentes niveles dentro del espacio reducido y controle de forma continua el espacio, ya que las condiciones pueden cambiar.

Cuando se complete el control remoto del aire y se sepa que se puede acceder al área de forma segura, se deben completar y seguir los permisos de entrada a espacios reducidos. Tras la entrada inicial, se debe continuar controlando el aire del espacio reducido. Un asistente o supervisor de la entrada a un espacio reducido debe llevar a cabo un control continuo. Las condiciones en el interior de un espacio reducido pueden cambiar sin previo aviso, debido a fugas, liberación de vapores tóxicos o perturbación del contenido del espacio.

Monitores para entrada a espacios reducidos

RAE Systems ofrece los más modernos e innovadores monitores para Entrada a espacios reducidos (CSE). El registro de datos es una opción en todos nuestros monitores de varios gases.

Monitor para entrada a espacios reducidos QRAE
El monitor CSE Q-RAE viene preconfigurado como una herramienta fácil de usar para satisfacer todas las pruebas atmosféricas exigidas por *OSHA 29CFR 1910.146*. El Q-RAE ofrece la flexibilidad necesaria para trabajar de forma eficiente en un espacio reducido, a la vez que le mantiene protegido de combustibles, sulfuro de hidrógeno, monóxido de carbono, y niveles altos y bajos de oxígeno.

Concentración de oxígeno

Los niveles OSHA se encuentran entre 19,5% y 23,5%. El MultiRAE presenta alarmas preconfiguradas (baja a 19,5% y alta a 23,5%), que puede seleccionar el usuario, para avisar de la existencia de una condición peligrosa.

Gases combustibles

Las concentraciones deben estar por debajo del 100% de LEL. El MultiRAE presenta una alarma

preconfigurada al 10% de LEL de gases combustibles, y una alarma alta fijada a 20% de LEL. El usuario puede seleccionar estos valores predeterminados de alarma.

Gases tóxicos:

Alarmas preconfiguradas al límite de exposición permisible OSHA. El MultiRAE presenta alarmas preconfiguradas para H₂S a 10 ppm para alarma baja y 20 ppm para alarma alta. Las alarmas de CO se encuentran a 35 ppm para alarma baja y 200 ppm para alarma alta. El usuario puede seleccionar estos valores predeterminados de alarma. El MultiRAE también ofrece otros sensores para gases tóxicos.

Monitor de gases tóxicos MultiRAE con PID

El MultiRAE es un excelente monitor de protección personal. Combina la seguridad tradicional de los sensores electroquímicos y catalíticos estándares con la protección de banda ancha de nueva generación de un detector de fotoionización (PID). Al contrario que el Q-RAE, este monitor ofrece una amplia variedad de sensores tóxicos intercambiables que se pueden complementar con un PID para aplicaciones como la entrada a espacios reducidos.

Supervisor de uno a cinco gases tóxicos VRAE

La potente bomba interna del VRAE, combinada con la amplia selección de sensores tóxicos de RAE Systems permite ofrecer un monitor altamente eficaz de control continuo. El VRAE puede controlar combustibles en porcentaje de LEL o en porcentaje en volumen.

Monitores de un solo gas ToxiRAE

RAE Systems también ofrece una línea completa de monitores de un solo gas para aplicaciones de entrada a espacios reducidos.

Información adicional:

Federal Register

29 CFR 1910.146

Permit Required Confined Spaces for General Industry

<http://cos.gdb.org>

OSHA

U.S. Department of Labor

<http://www.osha-slc.gov>





Nota de aplicación AP-206

rev 3d dat.08-99

OSHA Regulations (Standards - 29 CFR) - 1910.146
 - Permit-required confined spaces OSHA Regulations
 (Standards - 29 CFR) - 1910.146 - Permit-required
 confined spaces . 1910.146 - Permit-required
 confined spaces. Número de estándar: 1910.146
 .Titulo del estándar: Permit-required confined spaces.
[www.osha-slc.gov/OshStd_data/
 1910_0146.html](http://www.osha-slc.gov/OshStd_data/1910_0146.html)

OSHA Regulations (Standards - 29 CFR) - 1910.146
 App C - Examples of Permit-required Confined
 Space Programs OSHA Regulations (Standards - 29
 CFR) - 1910.146 App C - Examples of Permit-
 required Confined Space Programs . 1910.146 App C
 - Examples of Permit-required Confined Space
 Programs. Número de estándar: 1910.146 App C
 .Titulo del estándar: Examples.
[www.osha-slc.gov/OshStd_data/
 1910_0146_APP_C.html](http://www.osha-slc.gov/OshStd_data/1910_0146_APP_C.html)

OSHA Regulations (Standards - 29 CFR) - 1910.146
 App A - Permit-required Confined Space Decision
 Flow Chart OSHA Regulations (Standards - 29 CFR)
 - 1910.146 App A - Permit-required Confined Space
 Decision Flow Chart . 1910.146 App A - Permit-
 required Confined Space Decision Flow Chart.
 Número de estándar: 1910.146 App A .Titulo del
 estándar:
[www.osha-slc.gov/OshStd_data/
 1910_0146_APP_A.html](http://www.osha-slc.gov/OshStd_data/1910_0146_APP_A.html)

Declinación de responsabilidad:

Esta nota de aplicación contiene únicamente una descripción general de las pruebas atmosféricas que se deben realizar en un espacio reducido y en el equipo empleado para controlar un espacio reducido. La entrada a un espacio reducido y el uso del equipo de control no están permitidos bajo ninguna circunstancia, a excepción del personal cualificado y formado, y siempre después de haber leído detenidamente y comprendido perfectamente todas las instrucciones y de haber observado todas las precauciones.



Anexo P. Fichas de recolección de datos para las emisiones de escape de los motores CFM56-5B, Trent 700 y PW 127M

ICAO ENGINE EXHAUST EMISSIONS DATA BANK							
SUBSONIC ENGINES							
ENGINE IDENTIFICATION:		CFM56-5B	BYPASS RATIO:		5,4		
UNIQUE ID NUMBER:			PRESSURE RATIO (π_{c0}):		32,6		
COMBUSTOR:		Tech Insertion	RATED OUTPUT (F_{00}) (kN):		142,336		
ENGINE TYPE:		TF					
REGULATORY DATA							
CHARACTERISTIC VALUE:				HC	CO	NOx	SMOKE NUMBER
D _p /F ₀₀ (g/kN) or SN				19,60	118,00	64,16	21,48
AS % OF ORIGINAL LIMIT				-	-	-	-
AS % OF CAEP/2 LIMIT (NOx)				-	-	-	-
AS % OF CAEP/4 LIMIT (NOx)				-	-	-	-
AS % OF CAEP/6 LIMIT (NOx)				-	-	-	-
AS % OF CAEP/8 LIMIT (NOx)				-	-	-	-
Mark with an 'x' against appropriate statements:							
DATA STATUS				TEST ENGINE STATUS			
X PRE-REGULATION CERTIFICATION REVISED (give detail in REMARKS)				X NEWLY MANUFACTURED ENGINES DEDICATED ENGINES TO PRODUCTION STANDARD OTHER (give detail in REMARKS)			
EMISSIONS STATUS				CURRENT ENGINE STATUS			
X DATA CORRECTED TO REFERENCE (ANNEX 16 VOLUME II)				(IN PRODUCTION, IN SERVICE UNLESS OTHERWISE NOTED)			
				- OUT OF PRODUCTION (DATE: dd-mmm-yy)			
				- OUT OF SERVICE (DATE: dd-mmm-yy)			
MEASURED DATA							
MODE	POWER SETTING (%F ₀₀)	TIME minutes	FUEL FLOW kg/s	EMISSIONS INDICES (g/kg)			
				HC	CO	NOx	SMOKE NUMBER
TAKE-OFF	100	0,7	-	-	-	-	-
CLIMB OUT	85	2,2	-	-	-	-	-
APPROACH	30	4,0	-	-	-	-	-
IDLE	7	5,0	0,1107	1,10	27,52	4,60	21,48
LTO TOTAL FUEL (kg) or EMISSIONS (g)			-	14,24	913,93	481,23	-
NUMBER OF ENGINES				2	2	2	1
NUMBER OF TESTS				4	4	4	1
AVERAGE D _p /F ₀₀ (g/kN) or AVERAGE SN (MAX)				1,43	91,72	48,30	-
SIGMA (D _p /F ₀₀ in g/kN, or SN)				-	-	-	-
RANGE (D _p /F ₀₀ in g/kN, or SN)				-	-	-	-
ACCESSORY LOADS							
POWER EXTRACTION		-	(kW)	AT	-	POWER SETTINGS	
STAGE BLEED		-	% CORE FLOW	AT	-	POWER SETTINGS	
ATMOSPHERIC CONDITIONS							
BAROMETER (kPa)		104,98					
TEMPERATURE (K)		290					
ABS HUMIDITY (kg/kg)		0.62					
FUEL							
SPEC		JET A1					
H/C							
AROM (%)							
MANUFACTURER:				NOX REGULATION PARAGRAPH			
TEST ORGANIZATION:		Inv-Maestria		2.3.2 c) (CAEP/4)			
TEST LOCATION:		Avianca		X 2.3.2 d) (CAEP/6)			
TEST DATES:		FROM 12-may-14		TO 12-may-14			
				2.3.2 e) (CAEP/8)			
REMARKS							
1.	-						
2.	-						
3.	-						
4.	-						
5.	-						
6.	-						
7.	-						
8.	-						
If REVISED, these data supersede databank UID:				X			
Compliance with Fuel Venting requirements:				X ('x' if complies, PR if pre-regulation)			

Fuente. International Civil Aviation Organization

ICAO ENGINE EXHAUST EMISSIONS DATA BANK									
SUBSONIC ENGINES									
ENGINE IDENTIFICATION:	PW 127 M	BYPASS RATIO:	-						
UNIQUE ID NUMBER:		PRESSURE RATIO (π_{co}):	6						
COMBUSTOR:	Reverse Flow	RATED OUTPUT (F_{oo}) (kN):	17,43						
ENGINE TYPE:	TP								
REGULATORY DATA									
CHARACTERISTIC VALUE:	HC	CO	NOx	SMOKE NUMBER					
D_p/F_{oo} (g/kN) or SN	19,60	118,00	41,60	51,93					
AS % OF ORIGINAL LIMIT	-	-	-	-					
AS % OF CAEP/2 LIMIT (NOx)	-	-	-	-					
AS % OF CAEP/4 LIMIT (NOx)	-	-	-	-					
AS % OF CAEP/6 LIMIT (NOx)	-	-	-	-					
AS % OF CAEP/8 LIMIT (NOx)	-	-	-	-					
Mark with an 'x' against appropriate statements:									
DATA STATUS		TEST ENGINE STATUS							
<input checked="" type="checkbox"/>	PRE-REGULATION CERTIFICATION	<input checked="" type="checkbox"/>	NEWLY MANUFACTURED ENGINES						
	REVISED (give detail in REMARKS)		DEDICATED ENGINES TO PRODUCTION STANDARD						
			OTHER (give detail in REMARKS)						
EMISSIONS STATUS		CURRENT ENGINE STATUS							
<input checked="" type="checkbox"/>	DATA CORRECTED TO REFERENCE (ANNEX 16 VOLUME II)		(IN PRODUCTION, IN SERVICE UNLESS OTHERWISE NOTED)						
			OUT OF PRODUCTION (DATE: dd-mmm-yy)						
			OUT OF SERVICE (DATE: dd-mmm-yy)						
MEASURED DATA									
MODE	POWER SETTING (% F_{oo})	TIME minutes	FUEL FLOW kg/s	EMISSIONS INDICES (g/kg)			SMOKE NUMBER		
TAKE-OFF	100	0,7	-	HC	CO	NOx	-		
CLIMB OUT	85	2,2	-	-	-	-	-		
APPROACH	30	4,0	-	-	-	-	-		
IDLE	7	5,0	0,0125	0	46,99	14,39	51,93		
LTO TOTAL FUEL (kg) or EMISSIONS (g)			-	0	165,63	50,75	-		
NUMBER OF ENGINES				4	4	4	1		
NUMBER OF TESTS				4	4	4	1		
AVERAGE D_p/F_{oo} (g/kN) or AVERAGE SN (MAX)				0	135,76	41,60	-		
SIGMA (D_p/F_{oo} in g/kN, or SN)				-	-	-	-		
RANGE (D_p/F_{oo} in g/kN, or SN)				-	-	-	-		
ACCESSORY LOADS									
POWER EXTRACTION		-	(kW)	AT	-	POWER SETTINGS			
STAGE BLEED		-	% CORE FLOW	AT	-	POWER SETTINGS			
ATMOSPHERIC CONDITIONS					FUEL				
BAROMETER (kPa)		90,97			SPEC		JET A1		
TEMPERATURE (K)		282			H/C				
ABS HUMIDITY (kg/kg)		0.62			AROM (%)				
MANUFACTURER:					NOX REGULATION PARAGRAPH				
TEST ORGANIZATION:		Inv-Maestria					2.3.2 c) (CAEP/4)		
TEST LOCATION:		Satena			<input checked="" type="checkbox"/>		2.3.2 d) (CAEP/6)		
TEST DATES:		FROM	27-mar-14	TO	12-may-14			2.3.2 e) (CAEP/8)	
REMARKS									
1.	-								
2.	-								
3.	-								
4.	-								
5.	-								
6.	-								
7.	-								
8.	-								
If REVISED, these data supersede databank UID:					<input checked="" type="checkbox"/>				
Compliance with Fuel Venting requirements:					<input checked="" type="checkbox"/>		('x' if complies, PR if pre-regulation)		

Fuente. International Civil Aviation Organization

ICAO ENGINE EXHAUST EMISSIONS DATA BANK							
SUBSONIC ENGINES							
ENGINE IDENTIFICATION:	RR Trent 700	BYPASS RATIO:	5,15				
UNIQUE ID NUMBER:		PRESSURE RATIO (π_{co}):	34				
COMBUSTOR:	Improved traver						
ENGINE TYPE:	MTF	RATED OUTPUT (F_{oo}) (kN):	300,300				
REGULATORY DATA							
CHARACTERISTIC VALUE:		HC	CO	NOx			
D_p/F_{oo} (g/kN) or SN		19,60	118,00	66,96			
AS % OF ORIGINAL LIMIT		-	-	-			
AS % OF CAEP/2 LIMIT (NOx)		-	-	-			
AS % OF CAEP/4 LIMIT (NOx)		-	-	-			
AS % OF CAEP/6 LIMIT (NOx)		-	-	-			
AS % OF CAEP/8 LIMIT (NOx)		-	-	-			
Mark with an 'x' against appropriate statements:							
<u>DATA STATUS</u>		<u>TEST ENGINE STATUS</u>					
X	PRE-REGULATION CERTIFICATION REVISED (give detail in REMARKS)	X	NEWLY MANUFACTURED ENGINES DEDICATED ENGINES TO PRODUCTION STANDARD OTHER (give detail in REMARKS)				
<u>EMISSIONS STATUS</u>		<u>CURRENT ENGINE STATUS</u>					
X	DATA CORRECTED TO REFERENCE (ANNEX 16 VOLUME II)	-	(IN PRODUCTION, IN SERVICE UNLESS OTHERWISE NOTED)				
		-	OUT OF PRODUCTION (DATE: dd-mmm-yy)				
		-	OUT OF SERVICE (DATE: dd-mmm-yy)				
MEASURED DATA							
MODE	POWER SETTING (% F_{oo})	TIME minutes	FUEL FLOW kg/s	EMISSIONS INDICES (g/kg)	SMOKE NUMBER		
				HC	CO	NOx	
TAKE-OFF	100	0,7	-	-	-	-	-
CLIMB OUT	85	2,2	-	-	-	-	-
APPROACH	30	4,0	-	-	-	-	-
IDLE	7	5,0	0,3286	1,89	23,43	4,52	17,51
LTO TOTAL FUEL (kg) or EMISSIONS (g)			-	56,75	2310,19	1097,29	-
NUMBER OF ENGINES				2	2	2	1
NUMBER OF TESTS				4	4	4	1
AVERAGE D_p/F_{oo} (g/kN) or AVERAGE SN (MAX)				2,70	109,89	52,20	-
SIGMA (D_p/F_{oo} in g/kN, or SN)				-	-	-	-
RANGE (D_p/F_{oo} in g/kN, or SN)				-	-	-	-
<u>ACCESSORY LOADS</u>							
POWER EXTRACTION	-	(kW)	AT	-	POWER SETTINGS		
STAGE BLEED	-	% CORE FLOW	AT	-	POWER SETTINGS		
<u>ATMOSPHERIC CONDITIONS</u>							
BAROMETER (kPa)		104,98	<u>FUEL</u>				
TEMPERATURE (K)		290	SPEC	JET A1			
ABS HUMIDITY (kg/kg)		0.62	H/C				
			AROM (%)				
MANUFACTURER:			<u>NOX REGULATION PARAGRAPH</u>				
TEST ORGANIZATION:	Inv-Maestria			2.3.2 c) (CAEP/4)			
TEST LOCATION:	Avianca		X	2.3.2 d) (CAEP/6)			
TEST DATES:	FROM 12-may-14	TO 12-may-14		2.3.2 e) (CAEP/8)			
<u>REMARKS</u>							
1.	-						
2.	-						
3.	-						
4.	-						
5.	-						
6.	-						
7.	-						
8.	-						
If REVISED, these data supersede databank UID:					X		
Compliance with Fuel Venting requirements:					X		('x' if complies, PR if pre-regulation)