

En los anteriores capítulos se ha descrito la maquinaria disponible y sus principales características, los equipos de medida que han sido utilizados en los ensayos y la manera de seleccionar la maquinaria para que la toma de medidas sea efectiva. Finalmente, se describieron los combustibles utilizados cuyos resultados serán comparados.

En este capítulo se reflejan los resultados de las mediciones efectuadas en los ensayos, siguiendo la metodología explicada en el Anexo III.

Se han representado resultados para el grupo electrógeno y para el compactador, para cada una de las secuencias de estudio definidas. Para cada secuencia de cada máquina se ha hecho la misma subdivisión:

- Estudio el dosado (Véase Anexo IV), considerando éste el parámetro fundamental de funcionamiento del motor, ya que proporciona la relación existente entre la masa de combustible y la masa de aire.
- Estudio de la evolución de dos de las emisiones gaseosas más significativas en los MEC, el CO_2 y los NO_x , expresando las medidas, como se explica en el capítulo 4, en g/km (gramo por kilómetro de recorrido), g/kWh (gramo por kilowatio ñ hora de energía entregada) y g/kgf (gramos de emisión por kilogramo de combustible (fuel) consumido). En el caso del grupo electrógeno así como en las secuencias en las que el compactador no se mueve (arranque y ralentí), no se mide en g/km pues no hay desplazamiento de la máquina.
- Comparación del comportamiento de la opacidad de los humos producida por ambos combustibles, como medida indicativa de la emisión de partículas.

RESULTADOS

En este capítulo se presentan y analizan los resultados de prestaciones (dosado relativo y velocidad lineal), emisiones (NO_x y CO_2) y opacidad del humo.

En el caso de las prestaciones se representa el parámetro dosado relativo (Fr) se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$Fr = \frac{F}{F_{est}}$$

Ecuación 1.6

F : Dosado Absoluto (resultado proporcionado directamente por el equipo Horiba OBS, a partir de la medida de caudal, temperatura, medida de O_2 y CO_2 en el escape).

F_{est} : Dosado estequiométrico

Definiendo dosado absoluto como la relación combustible aire, según la siguiente fórmula.

$$F = \frac{m_f}{m_a}$$

Ecuación 2.6

El e-diesel tiene un dosado absoluto algo mayor que el diesel, debido a su menor poder calorífico. Pero como el dosado estequiométrico es menor que el del diesel debido a que es un combustible oxigenado, los efectos se contrarrestan, quedando el dosado relativo del e-diesel incluso ligeramente por debajo del gasoil.

En el caso de las emisiones gaseosas, los datos de contaminantes proporcionados por el equipo son:

- Monóxido de carbono (CO) y Dióxido de carbono (CO_2) ambos en porcentaje en volumen (%).
- Hidrocarburos totales (THC) y Óxidos de nitrógeno (NO_x) ambos en partes por millón volumetrico (ppm/v).

En este informe se muestran resultados de NO_x por considerarse los más representativos en un motor diesel. Así como los resultados de medidas de CO_2 por considerarse representativos del consumo de combustible del vehículo a estudiar.

Los resultados se muestran por unidad de consumo de combustible (g/kg-f) en el caso de que no haya desplazamiento del vehículo. Por unidad de desplazamiento recorrido (g/km) en el caso de que haya desplazamiento del vehículo y por unidad de potencia (g/kWh) en todos los casos. En el caso de la opacidad del humo, los datos se proporcionan en función del porcentaje de opacidad del gas de escape.

En ambos vehículos se expresan las secuencias de prestaciones, emisiones y opacidad frente al tiempo (secuencias transitorias) y los valores medios de la secuencia. Estos últimos se calculan como la integral bajo la curva de cada uno de los parámetros al representarlo frente al tiempo, formula que se puede apreciar en la ecuación 6.2.

$$I_{ME} = \frac{\int_{t_0}^{t_f} E_{es} \cdot dt}{\Delta t}$$

Ecuación 3.6

RESULTADOS GRUPO ELECTRÓGENO

En este apartado se muestran los resultados obtenidos para el dosado relativo como parámetro fundamental de funcionamiento del motor.

Dosado Relativo (Fr)

En las Figuras 6.1a-6.1b, se muestran los valores de dosados relativo del diesel y de la mezcla e-diesel a lo largo de todo el ensayo. La Figura 6.1a, muestra los resultados en condiciones de baja carga y la Figura 6.1b los correspondientes a alta carga. Se observa que durante todo el ensayo, los resultados se mantienen prácticamente constantes, por lo que se considera que la medida es estable.

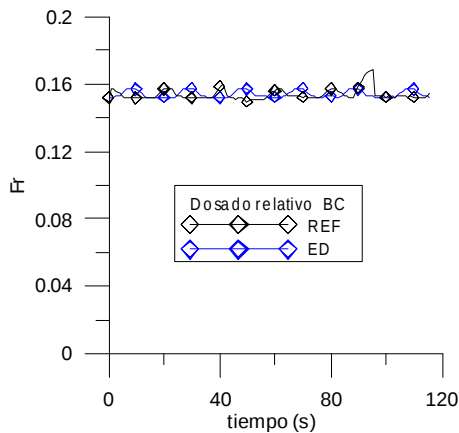


Figura 6.1a. Dosado relativo a baja carga.

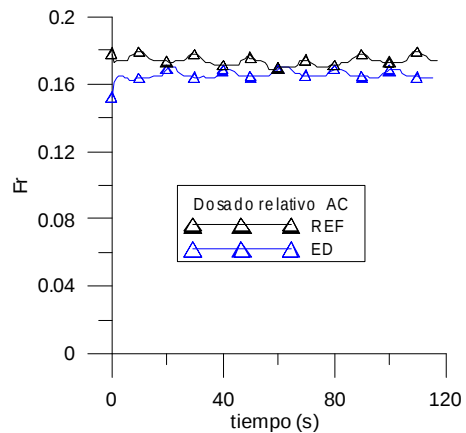


Figura 6.1b. Dosado relativo a alta carga.

El dosado relativo debe de ser igual en ambos combustibles para garantizar que las diferencias encontradas en las emisiones pueden atribuirse al combustible empleado exclusivamente.

Se observa que a baja carga, el dosado relativo del e-diesel es similar al del gasoil, lo que demuestra que con la misma carga se consiguen dosados relativos iguales para los dos combustibles. Sin embargo, a alta carga existe una pequeña diferencia entre ambos dosados.

En cualquier caso las diferencias de dosado relativo obtenidas con los ficheros seleccionados, tanto en condiciones de baja carga como de alta carga, son lo suficientemente pequeñas como para asumir dosados relativos iguales.

6.3.2 EMISIONES GASEOSAS.

Figuras 6.2a-d, muestran los resultados temporales de las emisiones de dióxido de carbono (a-b representan la emisión específica y la c-d la emisión con respecto al consumo de combustible).

Al igual que en el caso del dosado, los resultados obtenidos son prácticamente constantes a lo largo de toda la medida, por lo que se considera que la medida es estable. Esta estabilidad en los resultados indica que no sólo la emisión de CO₂ es constante, sino que la potencia también lo es.

Por otro lado, si se analizan los resultados en base energética se observa que tanto a baja carga como a alta carga la emisión de CO₂ es igual para ambos combustibles, tal como se esperaba ya que la potencia entregada es la misma.

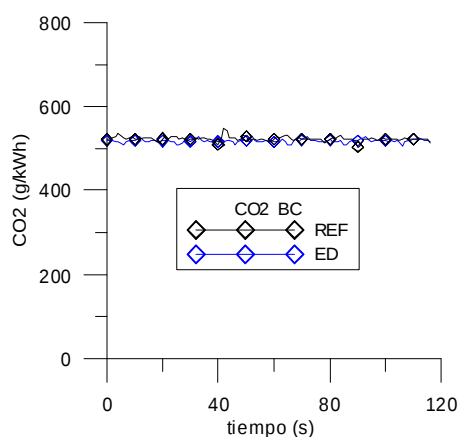


Figura 6.2a. Emisión específica de CO₂ a baja carga.

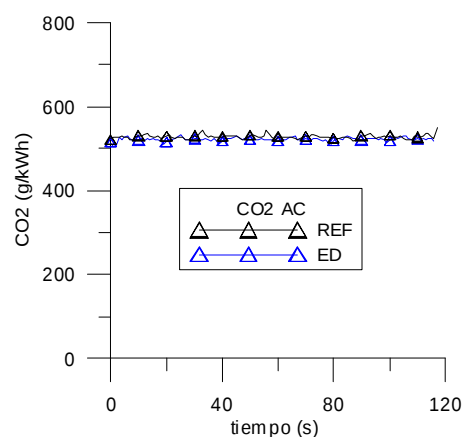


Figura 6.2b. Emisión específica de CO₂ a alta carga.

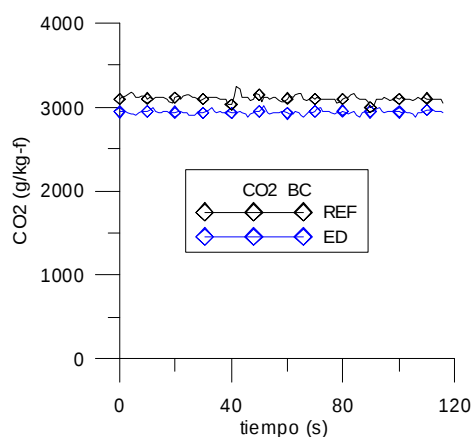


Figura 6.2c. Emisión de CO₂ por unidad de combustible a baja carga.

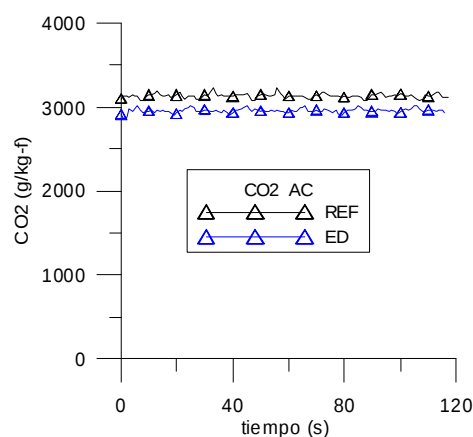


Figura 6.2d. Emisión de CO₂ por unidad de combustible a alta carga.

En base de combustible, a baja carga y a alta carga la emisión específica de dióxido de carbono del diesel es ligeramente mayor que la correspondiente a la mezcla con alcohol.

por kilogramo de combustible del e-diesel es algo menor que

En ambas cargas, la emisión específica de CO₂ del e-diesel presenta valores iguales con respecto al gasoil.

En la representación de la emisión por unidad de combustible, se muestra tanto a baja carga como alta carga, reducciones de las emisiones con el e-diesel (superiores al 3%). Estos resultados son muy similares a los obtenidos teóricamente en el capítulo 7, donde según la estequiometría la emisión específica deberían de ser similares, mientras que la emisión en función de combustible consumido tendría que ser un 3% inferior la emisión del e-diesel.

Por tanto, se debe concluir que los resultados en emisiones mostrados a continuación son comparativos, ya que existe igualdad entre dosados relativos y que las emisiones de CO₂ son similares a las teóricas.

Emisiones de NO_x.

En la Figura 6.3a y 6.3b se representa la evolución temporal de la emisión de óxidos de nitrógeno para el diesel convencional y para la mezcla e-diesel, tanto para el modo de menor carga (Figura 6.3a), como para el de mayor carga (Figura 6.3b).

Los resultados para las emisiones específicas muestran que a baja carga el e-diesel emite menos NO_x que el gasoil (22% menos). A alta carga esta diferencia es similar (21%). Estos resultados son debidos que a igualdad de potencia el e-diesel produce mejoras considerables en la emisión de NO_x.

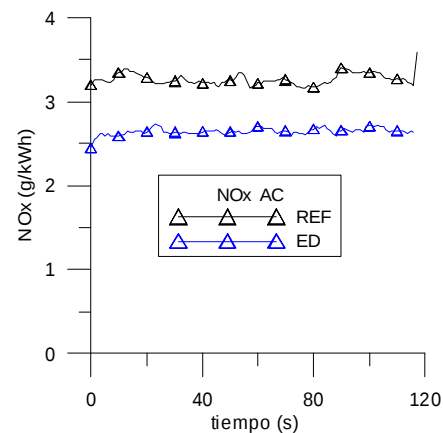
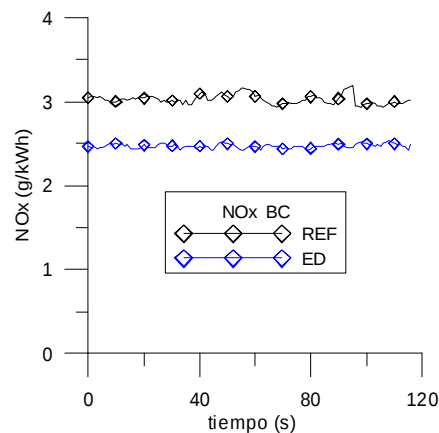


Figura 6.3a. Emisión específica de NO_x a baja carga. Figura 6.3b. Emisión específica de NO_x a alta carga.

En las figuras 6.3c-d se muestra la emisión por unidad de combustible consumido respecto al tiempo, donde se aprecia que el e-diesel produce disminuciones en la emisión de los NO_x, siendo mayores que las reducciones obtenidas en base energética, ya que al ser el consumo del e-diesel es algo mayor que el del diesel y supone, por tanto, una mayor diferencia entre ambos combustibles (26% menos a baja carga y 24% menos a alta carga).

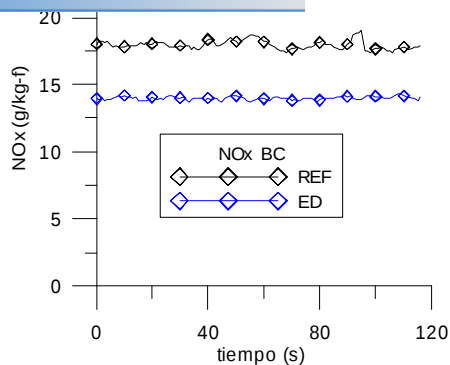


Figura 6.3c. Emisión de NOx por unidad de combustible a baja carga.

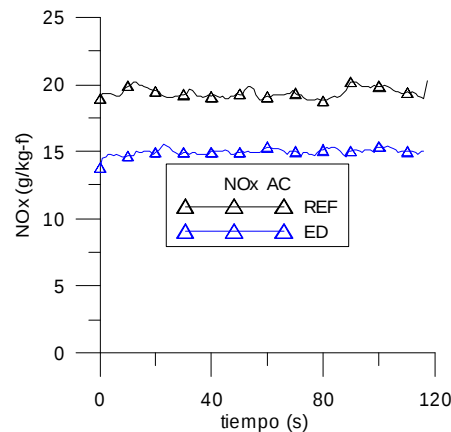


Figura 6.3d. Emisión de NOx por unidad de combustible a alta carga.

A baja carga se observa que la emisión específica de óxidos de nitrógeno es mayor (en torno al 22%) al utilizar diesel de referencia con respecto al e-diesel. Esta tendencia se mantiene cuando los resultados se expresan en función del consumo de combustible (reducciones del 26%).

A alta carga, los resultados con ambos combustibles son muy parecidos, observándose en la emisión específica valores superiores con e-diesel (reducciones del 21%). Esta diferencia entre ambos combustibles se observa también cuando los resultados se calculan en función del consumo de combustible (reducción del 24%).

6.3.3 OPACIDAD DE GAS DE ESCAPE.

Las Figuras 6.4a-6.4b muestran los valores de opacidad a lo largo de todo el tiempo de ensayo, obtenidos a baja y a alta carga respectivamente. En ambas figuras se observa que los resultados obtenidos para la mezcla e-diesel son inferiores a los obtenidos con el diesel.

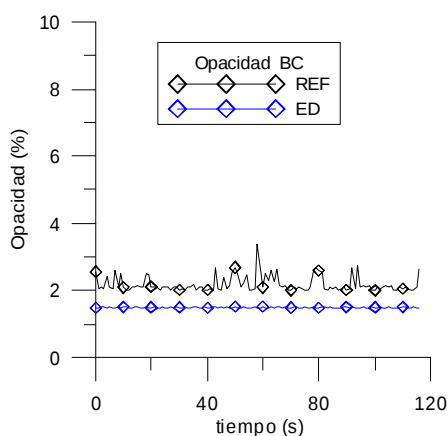


Figura 6.4a. Opacidad de gas de escape a baja carga.

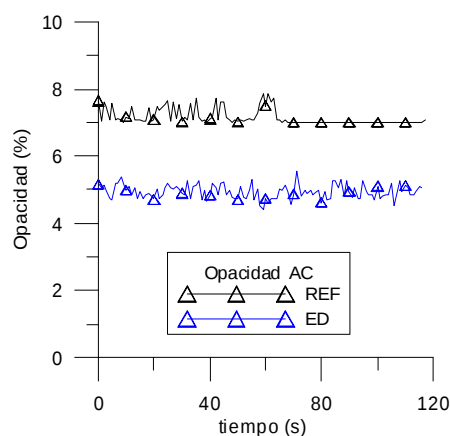


Figura 6.4b. Opacidad de gas de escape a alta carga.

Se observa de manera más clara que la mezcla e-diesel presenta valores de opacidad menores que los del gasoil, siendo esta diferencia de un 20% cuando se trabaja a baja carga y de un 35% cuando la carga es mayor.

Los menores valores de opacidad que presenta la mezcla e-diesel, a baja y a alta carga, pueden deberse a que la mezcla e-diesel es un combustible oxigenado. La disponibilidad de oxígeno reduce la probabilidad de formación de zonas de mezclas ricas y facilita la oxidación de los núcleos de hollín formados por la deshidrogenación del combustible. Además, estos combustibles reducen la emisión de partículas, puesto que la presencia de oxígeno en el combustible disminuye la proporción de aire estequiométrico necesario para la combustión.

Dado que las reducciones de dosado son bastante menores (1 % a baja carga y 3% a alta carga) que las reducciones de la opacidad del humo (30% y 31%) se debe concluir que existe un efecto de reducción de la opacidad del humo con el combustible e-diesel. Además, este efecto es más acentuado cuando el grado de carga del grupo electrógeno es alto.

6.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS COMPACTADOR DE OBRA.

6.4.1. ARRANQUE

6.4.1.1 PRESTACIONES

Dosado Relativo.

Se comienza presentando los resultados correspondientes a la secuencia denominada como "Arranque". Esta secuencia corresponde al arranque del compactador desde condiciones en frío, es decir, después de un período de tiempo en el que el compactador no se ha utilizado. Por este motivo, a lo largo del día se pueden realizar dos arranques, a primera hora de la mañana, y al comenzar la jornada vespertina. Pero este último arranque no pudo ser útil debido a problemas de medida con el analizador de CO₂ y CO, ya que requiere un tiempo hasta que alcanza la temperatura de funcionamiento. Esto se debió a que no existía una fuente de electricidad próxima a la ubicación del compactador y que las baterías se encontraban en carga.

El primer resultado relativo al arranque que se presenta es el de dosado relativo (Figura 6.5). En este resultado se observa cómo no existe diferencia significativa entre los dos combustibles ensayados (diesel de referencia y e-diesel).

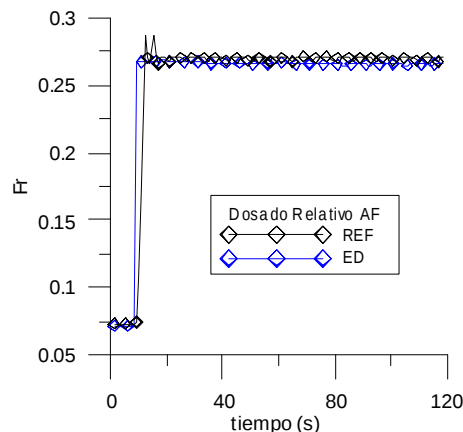


Figura 6.5a. Dosado relativo. arranque en frío.

no hubo diferencias en las condiciones de arranque con los dos

6.4.1.2 EMISIONES GASEOSAS

Emisiones de CO₂.

En las Figuras 6.6a-b se muestra la evolución temporal de la concentración de dióxido de carbono para los combustibles empleados, tanto por unidad de potencia, como por masa de combustible. Como en esta secuencia el compactador no presenta un desplazamiento, carece de sentido obtener resultados por desplazamiento recorrido.

En ambas figuras se observa que la concentración de CO₂ es lo suficientemente estable una vez hecho el arranque como para detener la medida al cabo de unos 100 segundos. Además se observa que para los dos combustibles se obtienen valores muy similares.

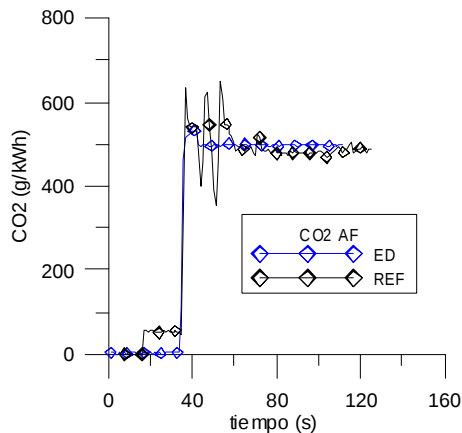


Figura 6.6a. Emisión específica de CO₂. arranque en frío.

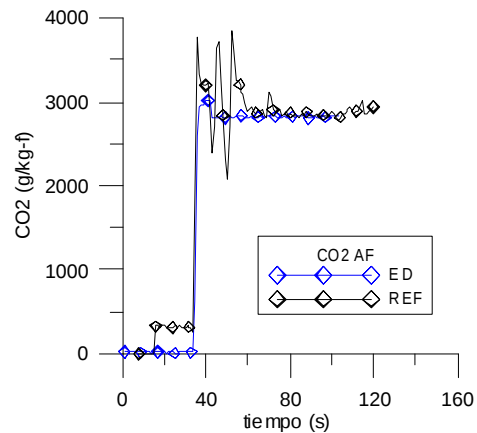


Figura 6.6b. Emisión de CO₂ por unidad de combustible. arranque en frío.

La emisión específica observada en la figura 6.6a muestra que el e-diesel produce un ligero aumento de la emisión de CO₂ (2%), aunque era esperado que las dos emisiones de cada combustible se igualasen ya que la potencia es la misma. La emisión por unidad de consumo de combustible es entorno al un 1% menor con el e-diesel y por tanto ligeramente mayor de lo esperado.

Se debe considerar que estas diferencias son muy pequeñas, y por tanto, se puede afirmar que todas las variaciones en las emisiones de NO_x y opacidad serán debidas al combustible. Se puede observar que en el prearranque con el combustible convencional se observaron anomalías entre los segundos 0-20.

Emisiones de NO_x.

A continuación se presenta la evolución temporal de la emisión de óxidos de nitrógeno (Figuras 6.7a-b). Como en el caso anterior, se observa que los valores son estables, tras el transitorio del arranque y que presentan valores muy similares, siendo ligeramente superiores en el caso del diesel convencional. También se observa que el valor

el, no produciéndose dicho incremento en el caso del e-diesel, diferencias en el inicio de la combustión.

Además, si se observa la última parte del arranque, se puede apreciar que la emisión de NOx es algo inferior con e-diesel, con una diferencia más acentuada en el caso de base combustible (un 20%) que en el caso de base potencia (apenas un 7%). Esto es lógico ya que el mayor consumo del e-diesel produce una mayor reducción de NOx. Ambas reducciones se deben al mayor calor latente de vaporización del etanol, muy importante en el arranque en frío ya que el motor trabaja en condiciones frías.

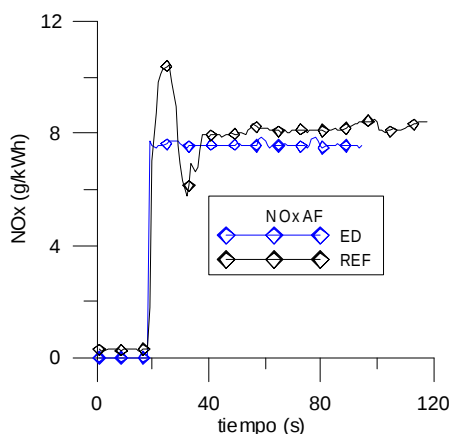


Figura 6.7a. Emisión específica de NOx. arranque en frío.

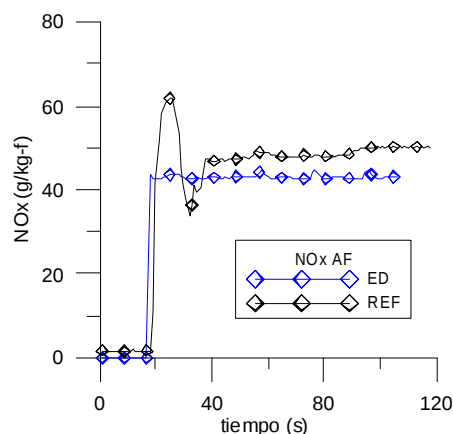


Figura 6.7b. Emisión de NOx por unidad de combustible. arranque en frío.

6.4.1.3 OPACIDAD DEL GAS DE ESCAPE.

Por último en la Figura 6.8 se presenta la evolución temporal de la opacidad. La medida realizada con el e-diesel presenta una buena estabilidad, mientras que la realizada con la referencia presenta más oscilación. Pese a esto, parece que la opacidad obtenida con e-diesel es inferior a la obtenida con el diesel convencional especialmente al inicio del arranque. Esto puede ser justificado por el contenido en oxígeno presente en el e-diesel.

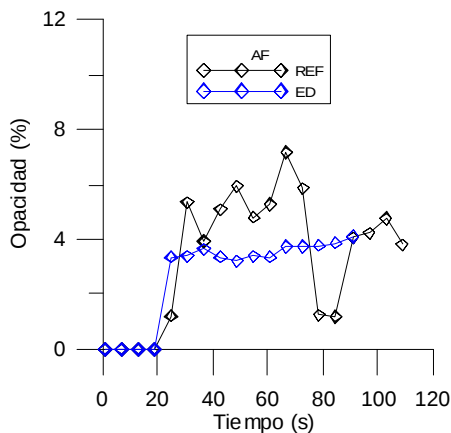


Figura 6.8. Opacidad de gas de escape. arranque en frío.

Dosado Relativo.

La Figura 6.9 muestra los resultados de dosado relativo obtenidos durante el ensayo correspondiente a la categoría del *“Ralentí”*. Los valores son prácticamente constantes durante todo el tiempo, lo que indica que la medida es estable, ya en la secuencia de ralentí el compactador no se mueve, pues se encuentra parado y con el motor en funcionamiento. Esta circunstancia puede suceder durante el periodo de calentamiento del motor antes de desplazarse al lugar de trabajo o bien durante paradas del conductor, por motivos de paso de otras maquinas de la obra.

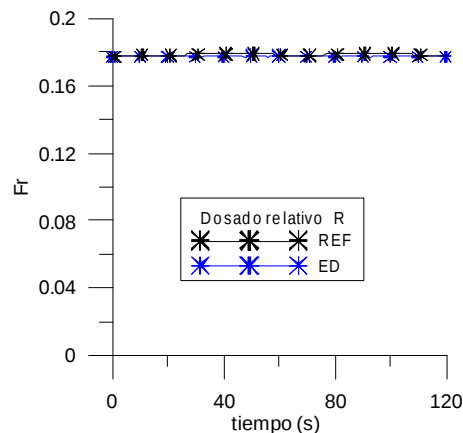


Figura 6.9. Dosado relativo. RALENTÍ.

Se observa que los resultados obtenidos para ambos combustibles son similares, lo que indica, una vez más, que el menor dosado absoluto obtenido con la mezcla e-diesel (debido a un menor poder calorífico) se ve compensado con el mayor dosado estequiométrico de dicho combustible con respecto al diesel. Por tanto, los resultados se deben a las distintas propiedades de los combustibles, no siendo el dosado relativo un factor que los afecte.

6.4.2.2 EMISIONES GASEOSAS

Emisiones de CO₂.

La emisión específica y la emisión por unidad de combustible de dióxido de carbono no pudo ser recogida para esta replica, ya que no se encontraron dos archivos (uno para cada combustible) con mismo dosado relativo, ya que la secuencia *“Ralentí”* es muy sensible a los agentes externos, como la temperatura ambiental, la humedad o el tiempo que lleva en funcionamiento en compactador.

Por tanto, no se presentan datos de emisiones de CO₂, pero la comparatividad de los resultados de NO_x y opacidad queda asegurada por la igualdad del dosado relativo.

En la Figura 6.11, se presentan los resultados en cuanto a emisiones de óxidos de nitrógeno. Los datos correspondientes al diesel no son tan estables como los presentados por la mezcla e-diesel, lo que puede deberse a cierta inestabilidad que presentaba el equipo el día de la medida, debido a la resonancia generada por el tubo de escape en el tubo PITOT.

Cuando se representa la emisión de específica de NO_x se muestra un aumento inferior al 1% (Figura 6.10). Sin embargo la emisión en unidad de combustible del e-diesel (Figura 8.11) es menor que la del diesel, con una reducción en torno al 7%. Esto es debido, en parte, a que el e-diesel tiene mayor consumo que el gasoil.

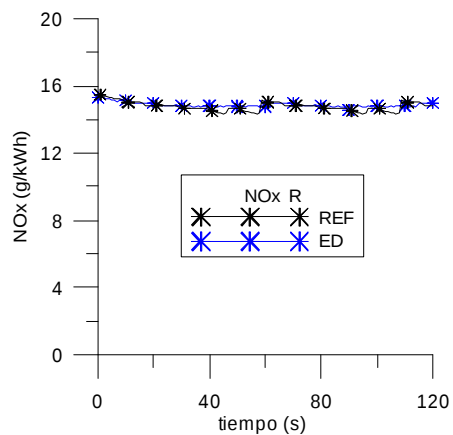


Figura 6.10. Emisión específica de NO_x. RALENTÍ.

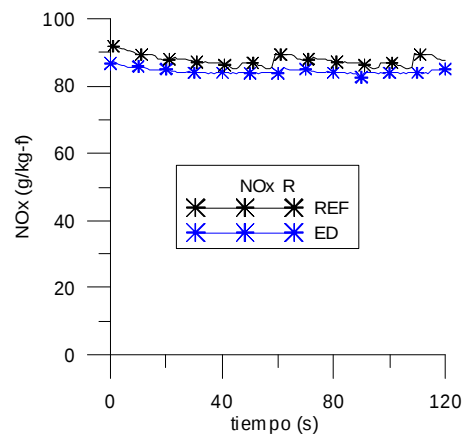


Figura 6.11. Emisión de NO_x por unidad de combustible. RALENTÍ.

Los anteriores resultados demuestran que en la secuencia de Ralentí se minimizan los efectos del calor latente de vaporización del etanol que pueden hacer disminuir los NO_x cuando el motor está frío. Esto se debe a que en la secuencia de Ralentí ya se ha alcanzado una temperatura importante en el motor.

6.4.2.3 OPACIDAD DEL GAS DE ESCAPE.

La Figura 6.12 muestra los resultados de opacidad de las dos mezclas ensayadas en la categoría de Ralentí. Se observa que para ambos combustibles, las medidas sufren unas ligeras oscilaciones, más acentuadas en el caso del diesel, debido a que se producen vibraciones en el tubo de escape.

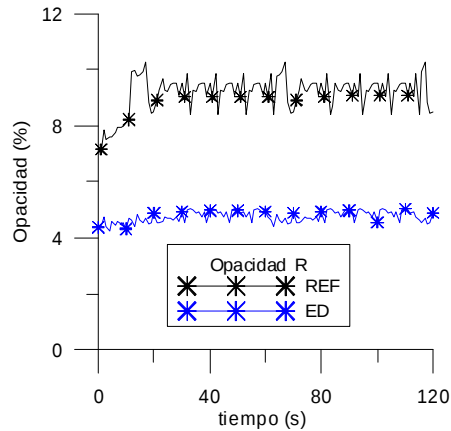


Figura 6.12. Opacidad del gas de escape. RALENTÍ.

Los resultados de opacidad muestran que para la mezcla e-diesel se consigue una amplia disminución de la opacidad un (aprox. 50%), lo que indica que en estas condiciones de funcionamiento estacionarias del compactador, el uso del combustible oxigenado consigue una importante disminución de la opacidad. Este efecto ya se apreció en el grupo electrógeno, aunque en ese caso las reducciones fueron menores ya que el grado de carga de ese motor en ralentí era más pequeño que para el compactador.

6.4.3 CIRCULACIÓN

6.4.3.1 PRESTACIONES

A continuación se presentan los ensayos correspondientes a la categoría definida como "Circulación". En esta secuencia el compactador de obra realiza el trayecto entre la base y el lugar de trabajo. Por este motivo, no es necesario que el vibro se encuentre activado.

Velocidad y trayectoria

En la Figura 6.13a se compara la velocidad lineal del compactador de obra en los ensayos realizados con diesel convencional (trazo de color negro) con la obtenida con e-diesel (trazo de color azul). En la gráfica se observa cómo la velocidad lineal es muy similar durante todo el recorrido salvo en un periodo intermedio de unos 10s. Efectivamente, hacia el segundo 50, se produjo una parada del compactador en el trayecto cuando se empleaba combustible e-diesel (debido a circulación de otros vehículos) que no se produjo en el trayecto empleando gasoil. A pesar de ello se puede considerar que se obtiene una gran reproducibilidad en esta secuencia, pese a que los ensayos se han realizado en diferentes periodos de tiempo.

En la Figura 6.13b se representa el recorrido del compactador definido por sus coordenadas espaciales de latitud y longitud. Para aportar más información acerca del recorrido del compactador (en la Figura 6.13c) se representa la altitud del recorrido frente al tiempo.

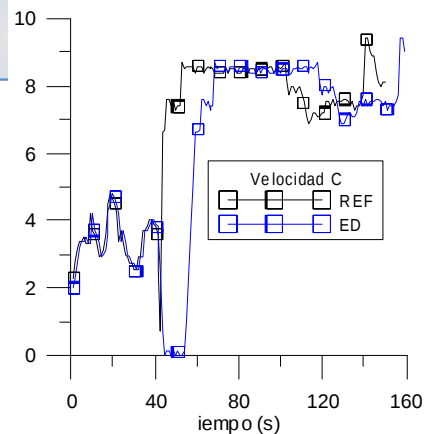


Figura 6.13a. Perfil de velocidad

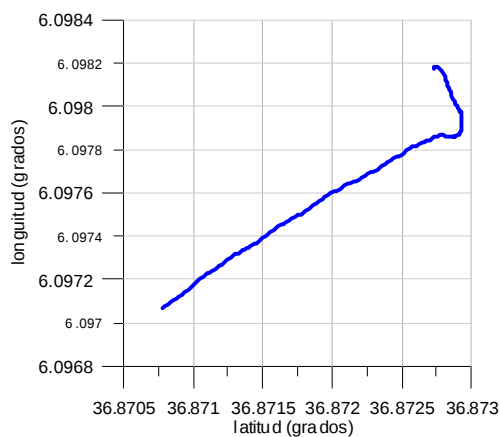


Figura 6.13b. Perfil de circulación

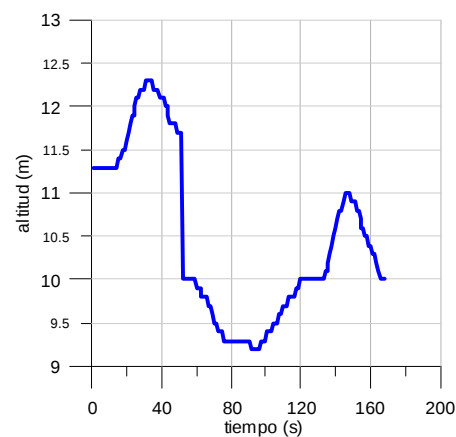


Figura 6.13c. Perfil de altitud

Dosado Relativo.

Al igual que en el resto de apartados, se comienza representando el dosado relativo, para observar si éste es un parámetro que se debe tener en cuenta en los resultados obtenidos. En la Figura 6.14 se muestra que el dosado relativo es prácticamente idéntico para ambos combustibles, por tanto puede concluirse que éste no es factor que influya en los resultados.

La parada antes mencionada (hacia el segundo 50s) tuvo su reflejo en la gráfica del dosado relativo. Esto tendrá que tenerse en cuenta a la hora de interpretar los datos de emisiones y opacidad.

Además, para ambos combustibles el perfil de velocidad varió mucho durante la primera parte del ensayo, esto supone que existan variaciones muy grandes en el dosado relativo durante la primera parte del ensayo.

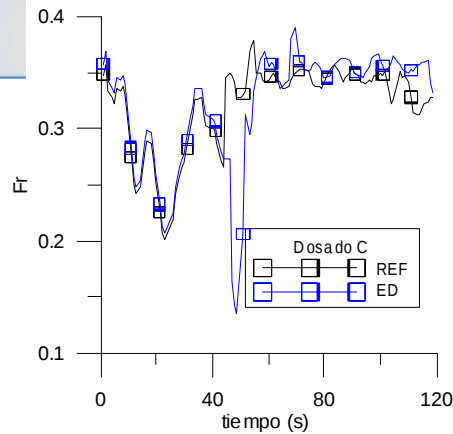


Figura 6.14. Dosado relativo. CIRCULACIÓN.

6.4.3.2 EMISIONES GASEOSAS

Emisiones de CO₂.

En las Figuras 6.15a y b se muestra la evolución temporal de la emisión de dióxido de carbono para los dos combustibles. En la figura de la izquierda se muestra la emisión específica (por unidad de potencia) y en la de la derecha por kilómetro recorrido.

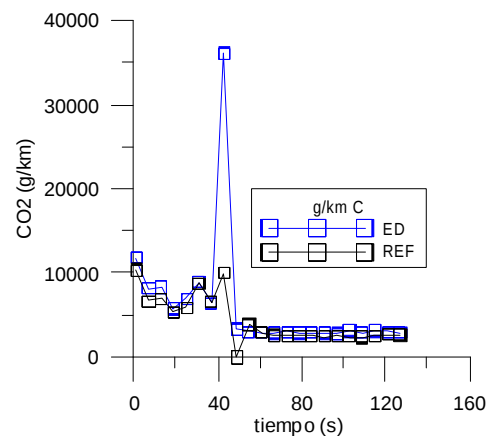
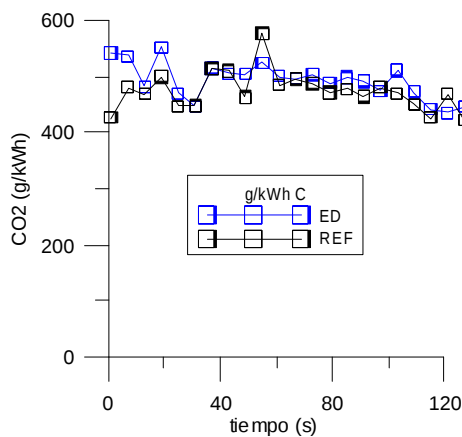


Figura 6.15a. Emisión específica de CO₂. CIRCULACIÓN Figura 6.15b. Emisión de CO₂ por km recorrido. CIRCULACIÓN

La emisión específica presenta un comportamiento aceptablemente estable durante el tiempo en el que se realiza la medida.

La emisión por kilómetro recorrido presenta una tendencia temporal similar a la mostrada en la figura 6.13a, observándose dos niveles diferenciados, uno para cada una de las velocidades lineales estudiadas. El pico de emisión observado en la Figura 6.15b en el e-diesel, en torno al segundo 50, se debe a la diferente conducción ejercida por el conductor del compactador, que, como se ha dicho, detuvo la máquina durante unos segundos. Esta detención provocó que la emisión por kilómetro se fuese a infinito.

En la Figura 6.16a y b se muestran de forma comparativa los resultados relativos a la emisión de óxidos de nitrógeno. En la Figura de la izquierda se muestra la emisión específica y en la de la derecha, por kilómetro recorrido.

En Figura 6.16a se observa que la concentración de NO_x es muy similar para los dos combustibles, aunque la emisión es algo superior con el e-diesel que con el gasoil.

La emisión específica por kilómetro muestra que excepto hacia el segundo 50 los comportamientos son similares. En el segundo 50 se produce un pico de emisión con el e-diesel que es debido como se comentó anteriormente al diferente comportamiento del conductor, las primeros segundos llego incluso a detener el vehículo.

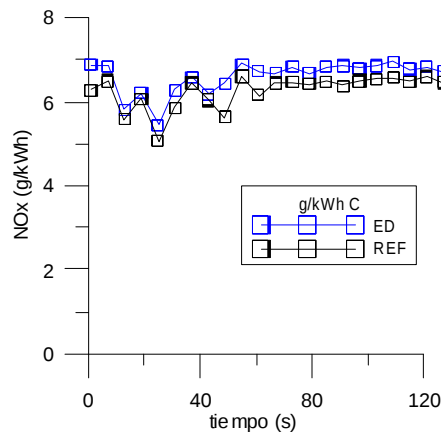


Figura 6.16a. Emisión específica de NO_x . CIRCULACIÓN.

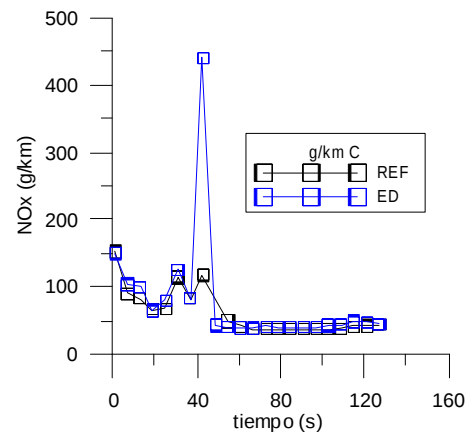


Figura 6.16b. Emisión de NO_x por km recorrido. CIRCULACIÓN.

6.4.3.3 OPACIDAD DEL GAS DE ESCAPE.

A continuación se presenta la evolución temporal de la opacidad (Figura 6.17). En los primeros instantes de la secuencia se observa una notable diferencia entre los resultados obtenidos con el diesel de referencia y el e-diesel, siendo inferior la emisión del e-diesel.

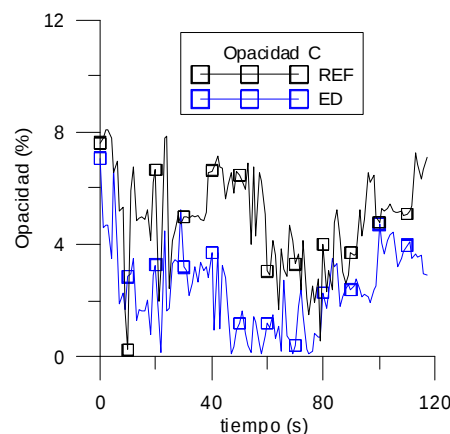


Figura 6.17. Opacidad del gas de escape. CIRCULACIÓN.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Expanded Features Por las variaciones de opacidad son distintas para cada leber al sensor de opacidad o vibraciones en el tubo de escape que generen oscilaciones en la medida. La única conclusión que se puede extraer es que el e-diesel reduce la opacidad durante la secuencia de circulación entre un 30% y un 2% dependiendo de las condiciones de funcionamiento del compactador.

6.4.4. TRABAJO

En este apartado se presentan los ensayos correspondientes a la categoría definida como "Trabajo". En esta secuencia el compactador de obra realiza el desplazamiento necesario para compactar el material a lo largo de aproximadamente un kilómetro. Durante la realización de este trabajo el vibro se encuentra activado. Se puede catalogar además, como la secuencia más importante, ya que durante 6 horas al día el compactador se encuentra realizando esta tarea. También se debe de tener en cuenta que es una de las secuencias más difíciles de analizar, ya que es muy sensible a la variación de dureza del suelo que compacta la máquina y a la velocidad de dicha máquina.

6.4.4.1 PRESTACIONES

Velocidad y trayectoria

En las secuencias con velocidad, como es el caso de la que nos ocupa, la emisión de gases depende también en parte de la velocidad del compactador. Además en la secuencia "Trabajo" influye que el vibrador del compactador está funcionando, y por tanto la variación de la velocidad depende también de cómo sean las características del suelo que está compactando.

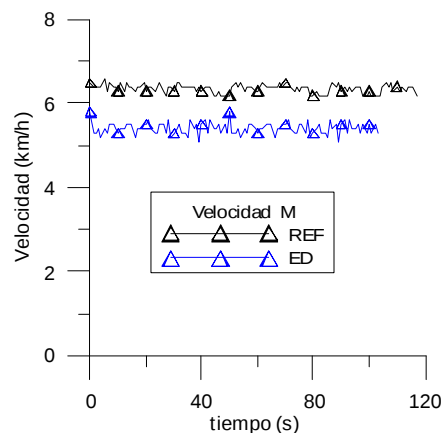


Figura 6.18a. Opacidad del gas de escape. TRABAJO.

En la figura 6.18a. se presenta la variación de la velocidad del compactador durante el ensayo con ambos combustibles. Se observa que la velocidad del compactador es menor con el e-diesel. Esto se debe a que la dureza del suelo cuando se realizó el ensayo con e-diesel era mayor y por tanto conduce a menores velocidades para conseguir el mismo grado de compactación que con gasoil.

muestra los resultados temporales de dosado relativo del diesel y de la mezcla e-diesel en la secuencia de Trabajo

Los valores de dosado obtenidos para ambos combustibles son similares (con diferencias inferiores al 2%, siendo mayor el e-diesel). Esto se debe a que el compactador debe conseguir el mismo nivel de compactado y por tanto el efecto de la menor velocidad viene compensado por la mayor dureza del terreno en el caso del e-diesel, produciendo dosados similares para ambos combustibles.

Este hecho indica que el dosado relativo no va a ser un factor que influya en los resultados obtenidos, como en las secuencias anteriores. Es por tanto esperable, que los resultados sean comparables en relación a la potencia (emisiones específicas), si bien no lo serán cuando se presenten en relación a la distancia recorrida ya que la velocidad del vehículo fue distinta.

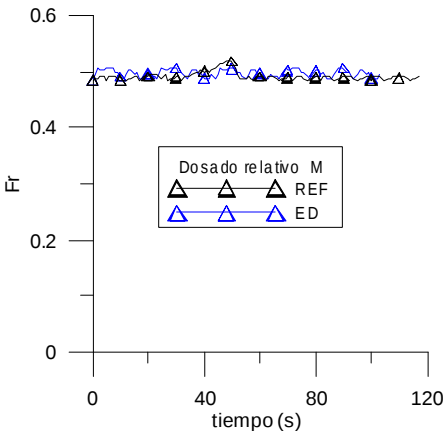


Figura 6.18b. Dosado relativo. TRABAJO.

6.4.4.2 EMISIONES GASEOSAS

Emisiones de CO₂.

La emisión específica y la emisión por unidad de consumo de combustible de dióxido de carbono se muestran en las Figuras 6.19a y 6.19b, respectivamente.

En la figura 8.19a, se observa como el e-diesel emite un 4% más que el gasoil. Esto se debe a que la velocidad es un hasta un 15% mayor, lo que da lugar a esa pequeña diferencia en emisiones específicas cuando se esperaba que ambas fueran iguales (si las velocidades hubieran sido iguales).

Este hecho se corrobora con la figura 6.11, donde la diferencia entre e-diesel y gasoil, es prácticamente despreciable (inferior al 1%, mayor con e-diesel), tal es así que si las potencias hubieran sido iguales, la diferencia sería de un 3% mayor el gasoil.

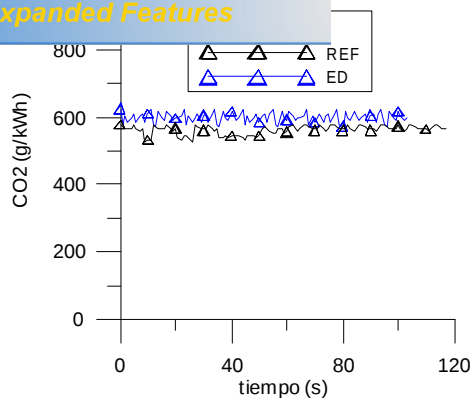


Figura 6.19a. Emisión específica de CO₂. TRABAJO.

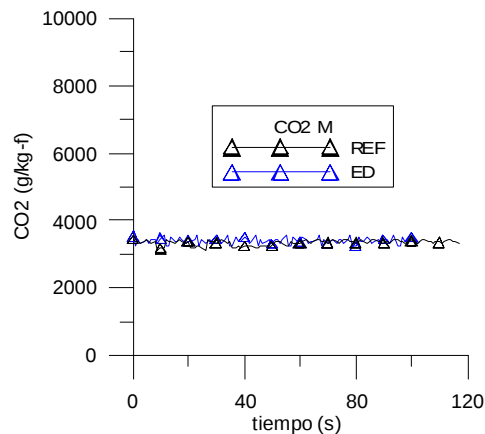


Figura 6.19b. Emisión de CO₂ por kg de combustible. TRABAJO.

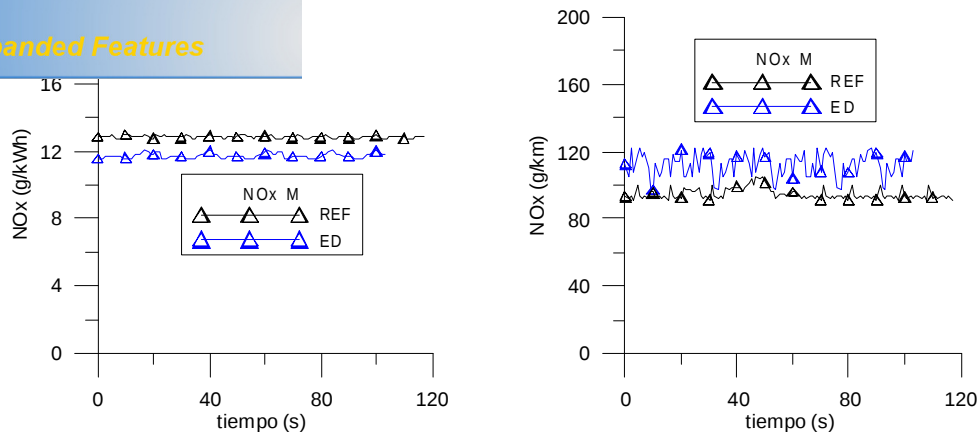
La conclusión de este análisis del CO₂ es que las mejoras mostradas en las emisiones de NO_x y Opacidad mostradas en sus gráficas correspondientes será menores que las esperadas si se hubiese reproducido en los dos casos la misma potencia.

Emisiones de NO_x.

A continuación se muestran las emisiones de óxidos de nitrógeno a lo largo de la duración del ensayo.

Los resultados de emisión específica (Figura 6.20a) obtenidos para ambos combustibles son muy estables a lo largo de todo el ensayo, lo que indica que tanto los valores de emisión como la potencia obtenida son constantes a lo largo del ensayo. En la Figura 6.20a, si puede apreciarse que la presencia de etanol en la mezcla contribuyó a reducir la emisión específica de NO_x ya que ésta se redujo significativamente (9%) a pesar de que la potencia desarrollada fue ligeramente mayor, por tanto los efectos de reducción son atribuibles exclusivamente al uso del e-diesel. Nuevamente, esta reducción es menor que en el caso del arranque, ya que el trabajo es una secuencia que se desarrolla con el motor en la situaciones de alta temperaturas que hace que se minimice el efecto del menor calor latente de vaporización del etanol.

Los resultados de emisiones de NO_x en función de la distancia recorrida (Figura 8.20b) son también estables para el gasoil, presentándose alguna oscilación en la mezcla e-diesel. En este caso se observa el efecto de una velocidad menor en el ensayo del e-diesel, por tanto en la Figura 6.20b el efecto de la velocidad evita que las situaciones para los combustibles sean comparables, ya que una menor velocidad trae consigo una mayor emisión de NO_x, no debida al combustible.



6.4.4.3 OPACIDAD DEL GAS DE ESCAPE.

La evolución temporal de la opacidad en la secuencia "Trabajo" se muestra en la Figura 6.21. Para ambos combustibles se observan oscilaciones a lo largo de la medida, siendo éstas más acusadas en el caso del diesel, lo que indica que la medida no ha sido lo suficientemente estable como se desearía, ya que las pequeñas variaciones en el dosado relativo se maximizan en la opacidad, ya que esta propiedad es muy dependiente del dosado.

Se obtienen valores inferiores en el caso del e-diesel (reducción del 11%). Aunque estas diferencias son mayores hacia el segundo 40 del ensayo (36%) no se deben tener en cuenta puesto que la diferencia de dosado en ese instante entre los combustibles es algo mas del 2%, debido a oscilaciones en la medida del gasoil en ese instante. Hay que tener en cuenta que en esta secuencia es normal que el dosado oscile, ya que la dureza del terreno no es exactamente igual en toda la superficie de trabajo. Por esta razón, los resultados obtenidos en este apartado no son demasiado concluyentes.

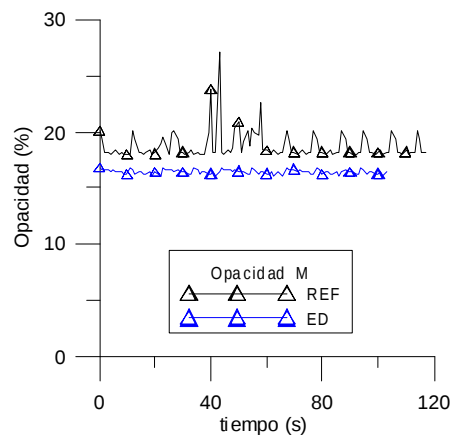


Figura 6.21. Opacidad del gas de escape. TRABAJO.



OS

En el modo de resumen se muestran en las tablas 6.2 y 6.3 los porcentajes de reducciones (con signo negativo) o aumentos (con signo positivo), de las emisiones y la opacidad al utilizar e-diesel para las maquinarias seleccionadas en los ensayos.

Tabla 6.2. Resumen de resultados (en valor promedio) para el grupo electrógeno.

Secuencia	NOx (g/kWh)	NOx (g/kg-f)	Opacidad
Baja Carga (BC)	-22%	-26%	-31%
Alta Carga (AC)	-21%	-24%	-30%

Tabla 6.3. Resumen de resultados (en valor promedio) para el compactador.

Secuencia	NOx (g/kWh)	NOx (g/kg-f)	Opacidad
Arranque	-8%	-11%	-19%
Ralentí	0%	-5%	-48%
Circulación	4%	2%	-3%
Trabajo	-8%	20%	-12%

de las secuencias con movimiento, depende de muchos más factores que las secuencias sin movimiento. Además estos factores no son controlables y son de naturaleza tan dispar como la rugosidad del suelo, la temperatura ambiente, los diferentes modos de conducción etc.

Como conclusión de ambos vehículos:

- Cuando el motor es de baja cilindrada (grupo electrógeno) o las condiciones son frías, las emisiones de NO_x se reducen usando e-diesel debido al mayor calor latente de vaporización del etanol.
- Cuando el motor es de mayor cilindrada y no trabaja en condiciones frías, las emisiones de NO_x disminuyen muy poco (Secuencia òTrabajoö) o aumenta en un pequeño porcentaje (Secuencia òCirculaciónö).

En el caso de la opacidad, ésta siempre disminuye para el e- diesel, siendo más significativos la disminución cuando las condiciones son frías y/o el motor es pequeño. En el caso del compactador como se ha dicho anteriormente no pueden concluirse afirmaciones ciertas para la opacidad.

6.5.1. RESULTADOS MEDIOS EN SECUENCIAS SIN MOVIMIENTO.

6.5.1.1 PROPIEDADES

Dosado Relativo

Se puede apreciar como en las secuencias de ARRANQUE Y RALENTÍ el dosado es prácticamente igual considerando, por tanto, que los resultados de emisiones y prestaciones de los dos combustibles son atribuibles únicamente a los combustibles. El dosado de la secuencia òRalentío (R) es menor que el de la secuencia òArranque en fríoö (AF). Esto se debe a que el arranque es una secuencia con mayor consumo que la secuencia òRalentío

6.5.1.2 EMISIONES GASEOSAS

Emisiones de NO_x.

Se observa que en la secuencia ralentí la emisión de NO_x es inferior a la emisión de gasoil (1% en base potencia y 5% en base de consumo); sin embargo en la secuencia arranque en frío, existe una diferencia mayor de disminución de la emisión con el e-diesel (8% en base potencia y 11% en base de consumo). Este es debido a la mayor entalpía de vaporización del etanol, como ya se comento en el apartado anterior.

La mayor diferencia en base consumo es debido a un mayor consumo de combustible e-diesel que amplía la reducción de la emisión respecto a emisión específica.

6.5.1.3. OPACIDAD DEL HUMO.

En ambas secuencias se obtienen valores de opacidad inferiores con la mezcla e-diesel (R: 48%, AF: 19%). Se debe destacar que las diferencias son muy importantes en la secuencia ralentí (llegando a un 48%).

6.5.2.1 PROPIEDADES DE LOS COMBUSTIBLES EN SECUENCIAS CON MOVIMIENTO.

Los resultados muestran los resultados medios de prestaciones, emisiones gaseosas y opacidad del humo para las secuencias circulación y trabajo.

6.5.2.1 PROPIEDADES

Dosado Relativo

Se observa como los valores de dosado relativo obtenidos para los dos combustibles ensayados son similares tanto en la secuencia circulación como en la de marcha. Esto indica que los resultados que se obtienen se deben a las distintas propiedades de los combustibles, no siendo el dosado relativo un factor que los afecte.

Debido a la naturaleza de la secuencia de Trabajo (T, trabajo del compactador con el vibro conectado), requiere más consumo de combustible que la secuencia circulación donde no está el vibro conectado.

6.5.2.2 EMISIONES GASEOSAS

Emisiones de NOx.

Los resultados obtenidos de la secuencia circulación son similares para el diesel y para la mezcla con alcohol, igualdad que se obtiene tanto en emisión específica como en emisión por unidad de distancia. Estos resultados son coherentes con los valores de dosado relativo.

La emisión específica de la secuencia de Trabajo muestra que se consigue una reducción de un 8% con el uso de e-diesel.

En la secuencia de Trabajo (T) se obtienen valores algo superiores en el e-diesel, para la emisión específica por kilómetro, debido a una menor velocidad del compactador con el e-diesel.

6.5.2.3. OPACIDAD DEL HUMO.

En ambas secuencias se observa una reducción de la opacidad utilizando e-diesel. La diferencia es más acentuada en el caso de la secuencia de Trabajo (12%), siendo esta reducción muy importante ya que esta secuencia es la más significativa del compactador. El hecho de obtener menores emisión de opacidad con el e-diesel se debe a la presencia de oxígeno en dicha mezcla, lo que favorece que disminuya la formación de partículas y la opacidad de humo.