



Gobierno de Chile  
Subsecretaría de Transportes  
Centro de Control y Certificación  
Vehicular

3CV-ST-E002-V01-03

Página 1 de 6

INFORME PROGRAMA EXPERIMENTAL  
EVALUACIÓN ADITIVO PARA COMBUSTIBLE DIESEL "TK-704 HS DIESEL"

### 1.0 Objetivo:

Medir el nivel de opacidad en flujo parcial en pruebas en vacío, método de aceleración libre, y en carga sobre dinamómetro de chasis, en 3 buses de la locomoción colectiva cuando operan con combustible diesel comercial más el aditivo "TK-704 HS Diesel" incorporado en éste.

### 2.0 Alcance y campo de aplicación:

Los buses que participaron en los ensayos son los que se describen a continuación:

Bus N°	Marca	PPU	Modelo	Año
1	Mercedes Benz	KZ 8202	OF 1318	1994
2	Mercedes Benz	TU 2624	OH 1420	2000
3	Mercedes Benz	KB 7875	OF 1115	1992

El programa de seguimiento se llevó a cabo entre los meses de Enero a Marzo del 2003, realizándose un total de 12 series de mediciones para cada vehículo, de las cuales las 3 primeras correspondían a mediciones sin aditivo en el combustible, vale decir mediciones base, y 9 series de mediciones correspondían a mediciones con el aditivo mezclado en el combustible. Cada serie de mediciones se efectuó conforme a procedimientos estandarizados y, contemplaba los ensayos de opacidad en flujo parcial en carga y en vacío, no obstante este programa sólo se completó respecto de 2 buses.

Fecha de Aprobación	Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
10/04/2003	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Programas Experimentales.	Nombre: Aliosha Reinoso Durán Cargo: Coordinador de Planificación y Desarrollo.	Nombre: Alfonso Cádiz Bolo Cargo: Secretario Técnico





### 3.0 Métodos de Medición:

Los resultados informados corresponden a mediciones que se ajustaron al siguiente procedimiento:

- Opacidad en flujo parcial medida en aceleración libre conforme procedimiento de Revisión Técnica y Decreto Supremo N°4/94 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.
- Opacidad en flujo parcial medida en carga sobre dinamómetro de chasis conforme procedimiento de Revisión Técnica y Decreto Supremo N° 4/94 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

#### Nota:

Durante todo el desarrollo del plan experimental se obtuvieron muestras de combustible las que fueron analizadas para verificar el cumplimiento de la normativa de calidad vigente.




### 4.0 Documentación de referencia:

- Manual de procedimientos de revisión técnica clase A1
- Decreto Supremo N° 4/94 Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones
- Carpeta Plan Experimental 3CV/EXP/002/03.
- Estadística Murray R. Spiegel (Serie Schaum)

### 5.0 Método Estadístico para el Análisis de los Resultados

#### 5.1 Test de Diferencia de Medias

Para analizar si a partir de los resultados es posible concluir que los valores de opacidad con aditivo en el combustible, son menores que los resultados sin aditivo en el combustible, se emplea un test de hipótesis con los siguientes enunciados:

Fecha de Aprobación	Generado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
10/04/2003	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Programas Experimentales.	Nombre: Aliosha Reinoso Durán Cargo: Coordinador de Planificación y Desarrollo.	Nombre: Alfonso Cádiz Cargo: Secretario Técnico



Ho: El valor de la media de opacidad de la muestra tomada al vehículo con aditivo en el combustible es igual a la media de opacidad de la muestra tomada al vehículo sin aditivo en el combustible ( $\langle X \rangle_{con} = \langle X \rangle_{sin}$ ).

H1: El valor de la media de opacidad de la muestra tomada al vehículo con aditivo en el combustible es menor a la media de opacidad de la muestra tomada al vehículo sin aditivo en el combustible ( $\langle X \rangle_{con} < \langle X \rangle_{sin}$ )

Para contrastar la hipótesis Ho de que las medias de las muestras con y sin aditivo en el combustible son iguales, se considera la distribución de la diferencia de las medias, que para muestras pequeñas, como las de este estudio, siguen una distribución Student (t), donde:

$$t = (\langle X \rangle_{con} - \langle X \rangle_{sin}) / (\sigma \cdot \sqrt{1/N_{con} + 1/N_{sin}})$$

$$\sigma = \sqrt{(N_{con} \cdot S_{con}^2 + N_{sin} \cdot S_{sin}^2) / (N_{con} + N_{sin} - 2)}$$

$$S = \hat{S} \cdot \sqrt{(N-1)/N}$$

$$\sqrt{\frac{1}{6} + \frac{1}{2}} = \sqrt{0.17 + 0.5}$$

$$\sqrt{6-1} = 5/6$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{6 \cdot (0.69)^2 + 2 \cdot 0}{6 + 2 - 2}}$$

Donde,

- <X> : Media de la Muestra
- N : Tamaño de la Muestra
- sin : Sufijo que indica la muestra sin aditivo
- con : Sufijo que indica la muestra con aditivo
- S : Desviación Estándar de la Población
- $\hat{S}$  : Desviación Estándar de la Muestra

Considerando un nivel de significación del 95%, el valor del estadístico t para definir la región de rechazo de la hipótesis Ho es de  $t < -1.81$  (distribución Student,  $N_{con}=9$ ,  $N_{sin}=3$  y 95% de significación).

Fecha de Aprobación	Generado por: <i>Poh</i>	Revisado por: <i>[Signature]</i>	Aprobado por: <i>[Signature]</i>
10/04/2003	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Programas Experimentales.	Nombre: Aliosha Reinoso Durán Cargo: Coordinador de Planificación y Desarrollo.	Nombre: Alfonso Cadiz Cargo: Secretario Técnico





INFORME PROGRAMA EXPERIMENTAL  
EVALUACIÓN ADITIVO PARA COMBUSTIBLE DIESEL "TK-704 HS DIESEL"

De lo anterior, para los vehículos en estudio, cuando el estadístico  $t$  resulte menor que  $-1.81$ , podremos afirmar, con un nivel de confianza del 95%, que las mediciones con aditivo en el combustible resultaron menores que las mediciones sin aditivo en el combustible, de manera estadísticamente significativa, para la opacidad medida (se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_1$ )

Si  $t$  se encuentra entre  $+1.81$  y  $-1.81$  diremos que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los resultados de emisión medidos con y sin aditivo mezclado en el combustible.

Si  $t$  resulta ser mayor que  $+1.81$  diremos, por lo tanto, que los resultados de opacidad utilizando aditivo son mayores que los resultados obtenidos sin aditivo en el combustible.

6.0 Resultados:

6.1 Vehículo placa patente KZ 8202

Nº de Control	Fecha	OFP m-1		Aditivo
		Carga	Acel. Libre	
1	24/01/03	0,23	1,10	No
2	29/01/03	0,49	0,53	No
3	31/01/03	0,62	0,92	No
4	14/02/03	0,28	0,57	Si
5	19/02/03	0,27	0,80	Si
6	21/02/03	0,21	1,00	Si
7	26/02/03	0,28	0,96	Si
8	28/02/03	0,46	0,58	Si
9	12/03/03	0,28	1,24	Si
10	13/03/03	0,32	1,18	Si
11	14/03/03	0,25	0,84	Si
12	19/03/03	0,27	0,93	Si
Promedio Sin aditivo		0,45	0,85	
Desv. Sin aditivo		0,20	0,29	
Promedio con aditivo		0,29	0,90	
Desv. Con aditivo		0,07	0,23	
$t$		-2,3	0,30	

3  
9

Fecha de Aprobación	Generado por: <i>[Signature]</i>	Revisado por: <i>[Signature]</i>	Aprobado por: <i>[Signature]</i>
10/04/2003	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Programas Experimentales.	Nombre: Aliosha Reinoso Durán Cargo: Coordinador de Planificación y Desarrollo.	Nombre: Alfonso Cádiz Cargo: Secretario Técnico





Para la prueba en carga se tiene  $t < -1.81$  por lo que podemos entonces afirmar con un 95% de confianza que las mediciones con aditivo incorporado en el combustible son menores que las mediciones de opacidad sin el aditivo en el combustible. (36% de diferencia)

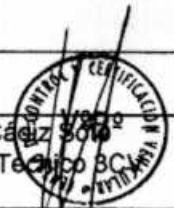
Para las mediciones de opacidad en aceleración libre, tenemos que el estadígrafo  $t$  se encuentra entre  $-1.81$  y  $+1.81$  por lo que podemos decir que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los resultados de emisión medidos con y sin aditivo en el combustible, es decir, nos encontramos en una región de indiferencia.

6.2 Vehículo placa patente TU 2624

N° de Control	Fecha	OFP m-1		Aditivo
		Carga	Acel. Libre	
1	24/01/03	0,15	1,46	No
2	29/01/03	0,15	1,63	No
3	31/01/03	0,53	1,19	No
4	19/02/03	0,65	1,28	Si
5	21/02/03	0,15	1,53	Si
6	26/02/03	0,23	1,50	Si
7	28/02/03	0,12	0,96	Si
8	14/03/03	0,14	1,20	Si
9	19/03/03	0,15	1,22	Si
10	20/03/03	0,10	1,21	Si
11	21/03/03	0,11	1,25	Si
12	24/03/03	0,13	1,17	Si
Promedio Sin aditivo		0,28	1,43	
Desv. Sin aditivo		0,22	0,22	
Promedio con aditivo		0,20	1,26	
Desv. Con aditivo		0,17	0,17	
t		-0,67	-1,43	

Para ambas pruebas, en carga y en vacío, se tiene que el estadígrafo  $t$  se encuentra entre los valores de  $-1.81$  y  $+1.81$  por lo que podemos afirmar entonces con un 95% de certeza que no existe diferencia estadísticamente significativa entre los resultados de emisión obtenidos con y sin aditivo, es decir, nos encontramos en una región de indiferencia.

Fecha de Aprobación	Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
10/04/2003	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Programas Experimentales.	Nombre: Aliosha Reinoso Durán Cargo: Coordinador de Planificación y Desarrollo.	Nombre: Alfonso Cádiz Cargo: Secretario Técnico





GOBIERNO DE CHILE  
SUBSECRETARÍA DE TRANSPORTES  
CENTRO DE CONTROL Y CERTIFICACIÓN  
VEHICULAR

3CV-ST-E002-V01-03

Página 6 de 6




INFORME PROGRAMA EXPERIMENTAL  
EVALUACIÓN ADITIVO PARA COMBUSTIBLE DIESEL "TK-704 HS DIESEL"

### 6.3 Vehículo placa patente KB 7875

Bus eliminado del plan experimental con fecha 20 de Febrero de 2003 por presentar reiteradas inasistencias producto de sucesivas fallas en el motor.

### 7.0 Conclusiones:

- ◆ De los 3 buses con los que se inició el plan de seguimiento de emisiones sólo 2 de ellos lograron llegar hasta el final de éste.
- ◆ En el bus placa patente KZ 8202 el uso del aditivo en el combustible diesel solamente presentó reducción de emisiones en OFP en carga, 36% aproximadamente, resultando indiferente para OFP en aceleración libre.
- ◆ En el bus placa patente TU 2624 el uso del aditivo en el combustible no presentó diferencias en el nivel de emisiones, ni en carga ni en aceleración libre.
- ◆ Se puede concluir que para la muestra finalmente ensayada (2 buses), el aditivo no produjo siempre reducciones en la opacidad y cuando la produjo se registró sólo en la prueba en carga.
- ◆ El combustible utilizado por los buses, con y sin aditivo durante todo el desarrollo de la experiencia cumplía con las exigencias de calidad impuestas por la normativa nacional vigente.
- ◆ Éstos resultados se obtuvieron en vehículos con adecuadas condiciones de mantención lo que se verificó mediante el cumplimiento de las normas de emisión en las mediciones base y el sellado de la bomba de inyección diesel evitando de este modo modificaciones posteriores.

Fecha de Aprobación	Generado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
10/04/2003	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Programas Experimentales.	Nombre: Alisha Reinoso Durán Cargo: Coordinador de Planificación y Desarrollo.	Nombre: Alfonso Cádiz Soto Cargo: Secretario Técnico