



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

3CV-ST-E005-V01-03

Página 1 de 9

INFORME PROGRAMA EXPERIMENTAL
EVALUACIÓN DISPOSITIVO PURGADOR DE POST-COMBUSTIÓN.

1.0 Objetivo


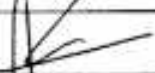

Medir el nivel de opacidad y ruido que presentan 3 buses de la locomoción colectiva licitada de la región Metropolitana de Santiago que operan con un sistema reductor de emisiones vehiculares contaminantes denominado "Purgador de Post-Combustión", solicitado por la empresa 3M Chile S.A.

2.0 Alcance y campo de aplicación

El dispositivo evaluado durante esta experiencia "comprende una etapa de condensación de los gases de combustión en la que es capaz de capturar los sólidos y gases sin aumentar el trabajo y el gasto diario de combustible. Los gases provenientes del tubo de escape del vehículo entran a una cámara ó múltiple permitiendo una fácil evacuación de calor al exterior, bajando por lo tanto la temperatura de estos gases" ⁽¹⁾

"El Purgador Post-Combustión consta además de un conjunto de tubos de aluminio los que reducen la velocidad de los gases y una extracción gradual de calor de éstos. Sobre los tubos hay dispuestas una serie de celosías termo-formadas encargadas de dirigir el flujo de aire hacia los tubos. Cabe hacer notar que el N° de tubos y su diámetro es calculado de tal manera que el purgador no cambie el factor de compresión del motor del vehículo, de manera que se evite un gasto adicional de combustible, manteniendo su eficiencia. Los gases enfriados entran a una cámara o radiador-condensador de aluminio en cuyo interior posee un sistema atrapa niebla favoreciendo el proceso de captura de partículas sólidas y gaseosas. El resultado final del proceso de condensación es un líquido de características ácidas y con un alto contenido de material sólido que cae por gravedad al depósito que está ubicado en la parte inferior del bus que será posteriormente tratado por un sistema de RIL, es decir mediante tratamiento físico-químico como Residuo Industrial Líquido (RIL), en el cual se elimina una o todas las propiedades tóxicas o peligrosas, convirtiéndolo en un producto inocuo para poder ser evacuado en los sistemas de alcantarillado" ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Información proporcionada por 3M Chile S.A., solicitante del plan experimental.

Fecha de Aprobación	Generado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
29/09/2003	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Programas Experimentales.	Nombre: Aliosha Reinoso Durán Cargo: Coordinador de Planificación y Desarrollo.	Nombre: Alfonso Cádiz Soto Cargo: Secretario Técnico 3CV



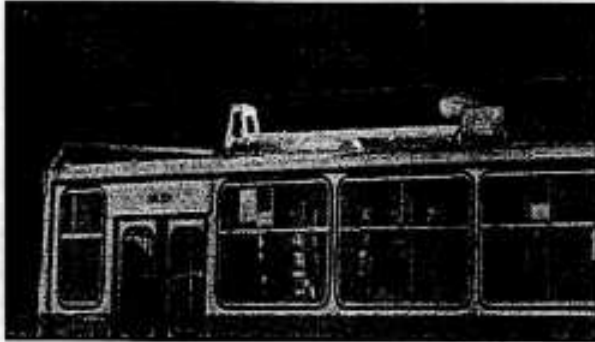
GOBIERNO DE CHILE
SUBSECRETARÍA DE TRANSPORTES
CENTRO DE CONTROL Y CERTIFICACIÓN
VEHICULAR

3CV-ST-E005-V01-03

Página 2 de 9

INFORME PROGRAMA EXPERIMENTAL
EVALUACIÓN DISPOSITIVO PURGADOR DE POST-COMBUSTIÓN.

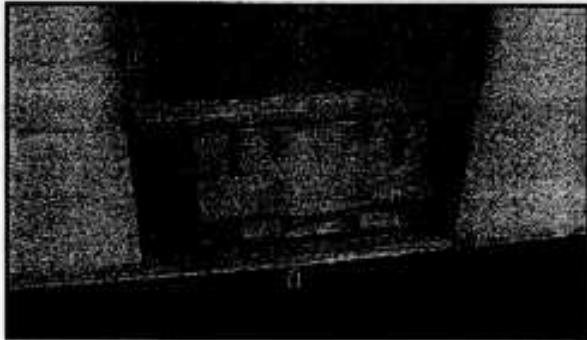
Fotografías



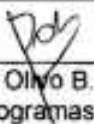


N°1: Vista general dispositivo sobre el techo del bus.



N°2: Vista general tubos, celosías y radiador del dispositivo.



N°3: Depósito con el líquido condensado en el purgador.

Fecha de Aprobación	Generado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
29/09/2003	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Programas Experimentales.	Nombre: Aliosha Reinoso Durán Cargo: Coordinador de Planificación y Desarrollo.	Nombre: Alfonso Cádiz Soto Cargo: Secretario Técnico 3CV



Los vehículos que participaron en esta experiencia fueron los siguientes:

Vehículo / Marca	PPU	Modelo	Año
Bus Mercedes Benz	PV 2009	OH 1420	1997
Bus Mercedes Benz	SV 5371	OH 1420	1196
Bus Mercedes Benz	RS 6771	OH 1420	1996

El programa de seguimiento se llevó a cabo entre los meses de Julio y Septiembre del presente año, contemplándose la evaluación de 3 buses de la locomoción colectiva licitada de la región Metropolitana, no obstante el programa culminó sólo con 2 de ellos, para los cuales se realizó un total de 11 series de mediciones de emisiones de las cuales 3 correspondieron a mediciones base, vale decir mediciones sin el dispositivo operando en los buses y el resto correspondieron a mediciones con el dispositivo operando en los buses. Cada serie de mediciones se efectuó conforme a procedimientos estandarizados y contempló ensayos de opacidad en flujo parcial en carga y en vacío y además la medición de muestras de combustible diesel y ruido en tubo de escape con y sin dispositivo.

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.
- Medición de Ruido en tubo de escape mediante ensayo estacionario conforme Decreto Supremo N°129/02 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

Fecha de Aprobación	Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
29/09/2003	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Programas Experimentales.	Nombre: Aliosha Reinoso Durán Cargo: Coordinador de Planificación y Desarrollo.	Nombre: Alfonso Cádiz Soto Cargo: Secretario Técnico 3CV



4.0 Documentación de referencia:

- Manual de procedimientos de revisión técnica clase A1
- Decreto Supremo N° 4/94 Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones
- Decreto Supremo N° 129/02 Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones
- Carpeta Plan Experimental 3CV/EXP/007/03
- Estadística Murray R. Spiegel (Serie Schaum)

5.0 Método Estadístico para el Análisis de los Resultados

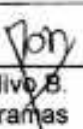


5.1 Test de Diferencia de Medias

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

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

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

Para contrastar la hipótesis Ho de que las medias de las muestras con y sin dispositivo instalado en los buses 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:

Fecha de Aprobación	Generado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
29/09/2003	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Programas Experimentales.	Nombre: Aliosha Reinoso Durán Cargo: Coordinador de Planificación y Desarrollo.	Nombre: Alfonso Cádiz Soto Cargo: Secretario Técnico 3CV



INFORME PROGRAMA EXPERIMENTAL
EVALUACIÓN DISPOSITIVO PURGADOR DE POST-COMBUSTIÓN.

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

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

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

Donde,

- <X> : Media de la Muestra
- N : Tamaño de la Muestra
- sin : Sufijo que indica la muestra sin dispositivo
- con : Sufijo que indica la muestra con dispositivo
- 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 $t < -1.83$ (distribución Student, $N_{con}=8$, $N_{sin}=3$ y 95% de significación), para el bus placa patente RS 6771 y $t < -1.86$ (distribución Student, $N_{con}=7$, $N_{sin}=3$ y 95% de significación), para el bus placa patente SV 5371.

De lo anterior, para los buses en estudio, cuando el estadístico t resulte menor que -1.83 , ó -1.86 podremos afirmar, con un nivel de confianza del 95%, que las mediciones con el dispositivo instalado en los vehículos resultaron menores que las mediciones sin el dispositivo instalado en los buses, de manera estadísticamente significativa, para la opacidad medida (se rechaza Ho y se acepta H1)

Si t se encuentra entre $+1.83$ y -1.83 ó $+1.86$ y -1.86 diremos que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los resultados de emisión medidos con y sin el dispositivo instalado en el vehículo ensayado.

Si t resulta ser mayor que $+1.83$ ó $+1.86$ diremos, por lo tanto, que los resultados de opacidad utilizando el dispositivo son mayores que los resultados obtenidos sin el dispositivo en el vehículo.

Fecha de Aprobación	Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
29/09/2003	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Programas Experimentales.	Nombre: Aliosha Reinoso Durán Cargo: Coordinador de Planificación y Desarrollo.	Nombre: Alfonso Cádiz Soto Cargo: Secretario Técnico 3CV



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

3CV-ST-E005-V01-03

Página 6 de 9

INFORME PROGRAMA EXPERIMENTAL
EVALUACIÓN DISPOSITIVO PURGADOR DE POST-COMBUSTIÓN.

6.0 Resultados

6.1 Emisiones

6.1.1 Bus placa patente SV 5371

N° de Control	Fecha	Opacidad en Flujo Parcial m-1		Dispositivo
		Carga	Acel. Libre	
1	01/08/03	0,50	1,01	NO
2	05/08/03	0,84	0,78	NO
3	06/08/03	0,59	0,80	NO
4	11/08/03	0,31	0,63	SI
5	13/08/03	0,54	0,31	SI
6	18/08/03	0,01	0,14	SI
7	20/08/03	0,33	0,50	SI
8	22/08/03	0,41	0,58	SI
9	25/08/03	0,57	0,12	SI
10	27/08/03	0,73	0,27	SI
11	29/08/03	0,52	0,22	SI
Norma		1,20	1,60	
Promedio sin Dispositivo		0,64	0,86	
Desv. Estándar sin Dispositivo		0,18	0,13	
Promedio con Dispositivo		0,49	0,38	
Desv. Estándar con Dispositivo		0,15	0,19	
t		-1,45	-3,92	

Nota: la medición N° 6 no se consideró en el análisis de los resultados ya que al analizar y comparar los resultados evidentemente hubo error en la puesta de la sonda en el tubo de escape por lo que el análisis se efectuó sólo con 10 mediciones, 3 sin dispositivo y 7 con dispositivo.

Para la prueba en carga se tiene que el estadígrafo $+1.86 < t < -1.86$ por lo que podemos entonces afirmar con un 95% de confianza que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los resultados de emisiones medidos con y sin dispositivo instalado en el bus.

Fecha de Aprobación	Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
29/09/2003	Nombre: Pamela Oliva B. Cargo: Apoyo Programas Experimentales.	Nombre: Aliosha Reinoso Durán Cargo: Coordinador de Planificación y Desarrollo.	Nombre: Alfonso Cádiz Sofo Cargo: Secretario Técnico 3CV



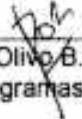
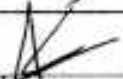

INFORME PROGRAMA EXPERIMENTAL
EVALUACIÓN DISPOSITIVO PURGADOR DE POST-COMBUSTIÓN.

Para las mediciones de opacidad en aceleración libre, tenemos que el estadígrafo $t < -1.86$ por lo que podemos entonces afirmar con un 95% de confianza que las mediciones con dispositivo instalado en el vehículo son menores que las mediciones de opacidad sin el dispositivo instalado en el vehículo ensayado. (56% de diferencia)

6.1.2 Bus placa patente RS 6771

N° de Control	Fecha	Opacidad en Flujo Parcial m-1		Dispositivo
		Carga	Acel. Libre	
1	01/08/03	0,31	0,72	NO
2	05/08/03	0,33	0,60	NO
3	06/08/03	0,31	0,59	NO
4	11/08/03	0,39	0,55	SI
5	14/08/03	0,39	0,45	SI
6	18/08/03	0,41	0,45	SI
7	20/08/03	0,60	0,45	SI
8	22/08/03	0,36	0,38	SI
9	25/08/03	0,32	0,27	SI
10	27/08/03	0,28	0,45	SI
11	03/09/03	0,30	0,45	SI
Norma		1,2	1,60	
Promedio sin Dispositivo		0,32	0,64	
Desv. Estándar sin Dispositivo		0,01	0,07	
Promedio con Dispositivo		0,38	0,43	
Desv. Estándar con Dispositivo		0,10	0,08	
t		1,08	-3,88	

Para la prueba en carga se tiene que el estadígrafo $+1.83 < t < -1.83$ por lo que podemos entonces afirmar con un 95% de confianza que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los resultados de emisiones medidos con y sin dispositivo instalado en el bus.

Fecha de Aprobación	Generado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
29/09/2003	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Programas Experimentales.	Nombre: Aliosha Reinoso Durán Cargo: Coordinador de Planificación y Desarrollo.	Nombre: Alfonso Cádiz Soto Cargo: Secretario Técnico 3CV



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

3CV-ST-E005-V01-03

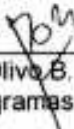


Página 8 de 9

INFORME PROGRAMA EXPERIMENTAL
EVALUACIÓN DISPOSITIVO PURGADOR DE POST-COMBUSTIÓN.

Para las mediciones de opacidad en aceleración libre, tenemos que el estadígrafo $t < -1.86$ por lo que podemos entonces afirmar con un 95% de confianza que las mediciones con dispositivo instalado en el vehículo son menores que las mediciones de opacidad sin el dispositivo instalado en el vehículo ensayado. (33% de diferencia)

6.2 Ruido tubo de escape, medición estacionaria.

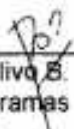


Placa Patente	Sin Dispositivo	Con Dispositivo
RS 6771	114 (dB)	95 (dB)
SV 5371	113 (dB)	90 (dB)
Norma	100 (dB)	

Fecha de Aprobación	Generado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
29/09/2003	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Programas Experimentales.	Nombre: Aliosha Reinoso Durán Cargo: Coordinador de Planificación y Desarrollo.	Nombre: Alfonso Cáceres Soto Cargo: Secretario Técnico 3CV



7.0 Conclusiones

- ◆ Para los 2 buses ensayados hubo reducción estadísticamente significativa sólo en la prueba en aceleración libre, 56% y 33 % respectivamente.
- ◆ El uso del dispositivo redujo la emisión de ruido por el tubo de escape en aproximadamente 9 y 14 veces para los buses RS 6771 y SV 5371 respectivamente, presentando niveles de emisiones dentro de los límites máximos establecidos por la norma cuando estaba el dispositivo en funcionamiento, no así cuando el bus operó en su condición original.
- ◆ Los efectos del uso de este dispositivo en el funcionamiento del motor, como la contrapresión y el posible aumento de combustible no formaron parte de la evaluación realizada.
- ◆ El combustible diesel utilizado por los buses ensayados durante este plan experimental cumplió con los estándares de calidad impuestos por la normativa actualmente vigente.
- ◆ Los resultados de emisiones se obtuvieron con los vehículos en 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 en la inyección.
- ◆ Es importante señalar que los resultados reportados en este informe corresponden sólo a las mediciones realizadas en las instalaciones del 3CV, dado que el programa no contempló un seguimiento de campo del dispositivo evaluado.
- ◆ Finalmente, se sugiere seguir optimizando el tamaño que presenta el prototipo del dispositivo.

Fecha de Aprobación	Generado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
29/09/2003	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Programas Experimentales	Nombre: Aliosha Reinoso Durán Cargo: Coordinador de Planificación y Desarrollo	Nombre: Alfonso Cádiz Soto Cargo: Secretario Técnico 3CV