



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

ST3CV003EV01/01
ST3CV003EV01_01

Página 1 de 1

INFORME TÉCNICO PROGRAMA EXPERIMENTAL
DISPOSITIVO HIDROGENADOR

1.0 Objetivo:

El objetivo del presente estudio es evaluar el comportamiento de la opacidad en flujo parcial, en pruebas en vacío (método de aceleración libre), y en flujo total, en pruebas en carga (sobre dinamómetro de chasis), cuando se usa el dispositivo denominado Hidrogenador, en dos buses de locomoción colectiva con motor Diesel.

2.0 Alcance y campo de aplicación:

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

- Vehículo 1

| Identificación Vehículo 1 | | | |
|---------------------------|---------------|-------------|--------------|
| Tipo | Bus | Modelo | OH 1420 |
| Año | 1996 | PPU | NK 1009 |
| Marca | Mercedes Benz | Dispositivo | Hidrogenador |

- Vehículo 2

| Identificación Vehículo 2 | | | |
|---------------------------|---------------|-------------|--------------|
| Tipo | Bus | Modelo | OF 1318 |
| Año | 1994 | PPU | LH 1603 |
| Marca | Mercedes Benz | Dispositivo | Hidrogenador |

El programa de seguimiento se llevó a cabo entre el 20/08/01 y el 12/09/01. Se realizó un total de nueve series de mediciones al Vehículo 1 y doce series de mediciones al Vehículo 2. Estas incluyeron una medición con el Vehículo 1 sin el dispositivo y cuatro mediciones al Vehículo 2 sin dispositivo. Cada serie contempló una medición en vacío y una en carga, conforme procedimientos estandarizados.

La serie de ensayos sin dispositivo se considera como situación base de comparación y respecto de la cual se evalúan los resultados con el dispositivo incorporado al vehículo.



| Fecha de Aprobación | Generado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|---------------------|---|---|---|
| 03/10/01 | Nombre: Aliosha Reinoso Cargo: Jefe Planificación y Desarrollo | Nombre: Raúl Albarrán Cargo: Coordinador de Homologación y Certificación | Nombre: Aliosha Reinoso Cargo: Jefe Planificación y Desarrollo |



3.0 Métodos de Medición:

Los resultados informados corresponden a mediciones de opacidad en flujo total (OFT) en carga sobre dinamómetro de chasis y opacidad en flujo parcial (OFP) en aceleración libre, ambos conforme procedimiento de Revisión Técnica y Decreto Supremo N° 4/94 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

4.0 Documentación de referencia:

- Manual de procedimientos de revisión técnica clase A1
- Decreto Supremo N° 4/94 Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones
- Carpeta Programa Experimental Hidrogenador para Motores a Combustión (015)
- Estadística Murray R. Spiegel (Serie Schaum)

5.0 Método Estadístico Para el Análisis de Resultados.

5.1. Test para la Media

En el Vehículo 1, para analizar si a partir de los resultados es posible concluir que los valores de opacidad con el dispositivo instalado son menores que el primer resultado sin el dispositivo, se emplea un test de hipótesis con los siguientes enunciados:

Ho: El valor de la muestra de emisiones tomada al vehículo con el dispositivo es igual al valor inicial sin el dispositivo ($X_{con} = X_{sin}$).

H1: El valor de la muestra de emisiones del vehículo con el dispositivo es menor que el valor inicial sin el dispositivo ($X_{con} < X_{sin}$)

Donde Ho es la hipótesis nula y H1 es la hipótesis alternativa.



| Fecha de Aprobación | Generado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|---------------------|---|---|---|
| 03/10/01 | Nombre: Aliosha Reinoso Cargo: Jefe Planificación y Desarrollo | Nombre: Raúl Albarrán Cargo: Coordinador de Homologación y Certificación | Nombre: Aliosha Reinoso Cargo: Jefe Planificación y Desarrollo |



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

ST3CV003EV01/01
ST3CV003EV01_01

Página 3 de 3

INFORME TÉCNICO PROGRAMA EXPERIMENTAL
DISPOSITIVO HIDROGENADOR

Para el test interesa contrastar la bondad del dispositivo para la opacidad, en consecuencia usaremos un contraste de una cola. Se considera que la media de la muestra de opacidad del vehículo con el dispositivo sigue una distribución Student (t) en torno a la media de la población, la cual para los efectos del test se considera el valor de opacidad sin dispositivo.

El estadígrafo t queda definido como:

$$t = \frac{(\langle X \rangle_{con} - X_{sin})}{\hat{S}} \cdot \sqrt{N}$$

donde,

- $\langle X \rangle_{con}$: Media de opacidad de la muestra con dispositivo
- X_{sin} : Valor de opacidad sin dispositivo
- \hat{S} : Desviación Estándar de la Muestra
- N : Tamaño de la Muestra

La región de rechazo de la hipótesis nula (H_0), quedará definida a partir del valor de t . Considerando un nivel de significación del 95%, el valor del estadístico t para definir la región de rechazo de la hipótesis H_0 es de $t < -1.9$ (caso de distribución Student, para 8 datos y 95% de significación).

De lo anterior, para el caso del Vehículo 1, cuando el estadístico t resulte menor que -1.9 , podremos afirmar, con un nivel de confianza del 95%, que las mediciones con el dispositivo resultaron menores que las emisiones sin el dispositivo, de manera estadísticamente significativa, para la opacidad medida.

A su vez si t se encuentra entre $+1.9$ y -1.9 diremos que no hay diferencia estadísticamente significativa en los resultados de emisión medidos antes y después del dispositivo.



| Fecha de Aprobación | Generado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|---------------------|---|---|---|
| 03/10/01 | Nombre: Aliosha Reinoso Cargo: Jefe Planificación y Desarrollo | Nombre: Raúl Albarrán Cargo: Coordinador de Homologación y Certificación | Nombre: Aliosha Reinoso Cargo: Jefe Planificación y Desarrollo |



5.2 Test de Diferencia de Medias

Puesto que para el Vehículo 2 contamos con una muestra distinta de 1 para las mediciones sin dispositivo, es necesario aplicar el test de la diferencia de medias. Es por ello que para analizar si a partir de los resultados es posible concluir que los valores de opacidad con el dispositivo, son menores que los resultado 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 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 es menor a la media de opacidad de la muestra tomada al vehículo sin el dispositivo ($\langle X \rangle_{con} < \langle X \rangle_{sin}$)

Para contrastar la hipótesis Ho de que las medias de las muestras con dispositivo y sin dispositivo 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

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

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

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

Donde,

- $\langle X \rangle$: Media de la Muestra
N : Tamaño de la Muestra
sin : Sufijo que indica la muestra sin dispositivo



| Fecha de Aprobación | Generado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|---------------------|---|---|---|
| 03/10/01 | Nombre: Aliosha Reinoso Cargo: Jefe Planificación y Desarrollo | Nombre: Raúl Albarrán Cargo: Coordinador de Homologación y Certificación | Nombre: Aliosha Reinoso Cargo: Jefe Planificación y Desarrollo |



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

ST3CV003EV01/01
ST3CV003EV01_01

Página 5 de 5

INFORME TÉCNICO PROGRAMA EXPERIMENTAL
DISPOSITIVO HIDROGENADOR

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 H_0 es de $t < -1.81$ (distribución Student, $N_{con}=8$, $N_{sin}=4$ y 95% de significación).

De lo anterior, para el caso del Vehículo 2, cuando el estadístico t resulte menor que -1.81 , podremos afirmar, con un nivel de confianza del 95%, que las mediciones con el dispositivo resultaron menores que las mediciones sin el dispositivo, de manera estadísticamente significativa, para la opacidad medida.

A su vez si t se encuentra entre $+1.81$ y -1.81 diremos que no hay diferencia estadísticamente significativa en los resultados de emisión medidos antes y después del dispositivo.



| Fecha de Aprobación | Generado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|---------------------|---|---|---|
| 03/10/01 | Nombre: Aliosha Reinoso Cargo: Jefe Planificación y Desarrollo | Nombre: Raúl Albarrán Cargo: Coordinador de Homologación y Certificación | Nombre: Aliosha Reinoso Cargo: Jefe Planificación y Desarrollo |



6.0 Resultados:

6.1 Resultados Vehículo 1:

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos para las distintas pruebas realizadas al Vehículo 1:

Tabla N° 1: Resultados opacidad en carga y aceleración libre.

| N° de Control | Fecha | OFT% | OFP m-1 | Uso Dispositivo |
|-----------------------------------|----------|--------------|--------------|-----------------|
| 1 | 21/08/01 | 3 | 0.97 | no |
| 2 | 21/08/01 | 2 | 0.7 | si |
| 3 | 22/08/01 | 2 | 0.36 | si |
| 4 | 23/08/01 | 3 | 0.81 | si |
| 5 | 24/08/01 | 1 | 0.77 | si |
| 6 | 27/08/01 | 1 | 0.89 | si |
| 7 | 28/08/01 | 4 | 0.59 | si |
| 8 | 30/08/01 | 2 | 1.02 | si |
| 9 | 31/08/01 | 2 | 1.12 | si |
| Norma | | 9 | 1.6 | |
| Promedio con Hidrog. | | 2.1 | 0.78 | |
| Desv. Estandar con Hidrog. | | 1.0 | 0.24 | |
| t | | -2.50 | -2.20 | |

Para ambas pruebas, carga y aceleración libre, la opacidad, en flujo total y flujo parcial respectivamente, la muestra de valores presentó un valor $t < -1.9$ con lo cual es posible rechazar la hipótesis H_0 y podemos entonces afirmar, con un 95% de certeza que la opacidad en carga y aceleración libre, para el conjunto de datos y el vehículo en estudio, disminuyó de manera estadísticamente significativa con el dispositivo instalado.



| Fecha de Aprobación | Generado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|---------------------|---|---|---|
| 03/10/01 | Nombre: Aliosha Reinoso Cargo: Jefe Planificación y Desarrollo | Nombre: Raúl Albarrán Cargo: Coordinador de Homologación y Certificación | Nombre: Aliosha Reinoso Cargo: Jefe Planificación y Desarrollo |



6.2 Resultados Vehículo 2:

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos para las distintas pruebas realizadas al Vehículo 2:

Tabla N° 2: Resultados en carga y aceleración libre.

| N° de Control | Fecha | OFT% | OFP m-1 | Uso Dispositivo |
|-----------------------------------|----------|-------------|-------------|-----------------|
| 1 | 20/08/01 | 2 | 0.58 | no |
| 2 | 21/08/01 | 8 | 0.98 | si |
| 3 | 22/08/01 | 6 | 0.81 | si |
| 4 | 23/08/01 | 6 | 0.55 | si |
| 5 | 24/08/01 | 4 | 0.69 | si |
| 6 | 27/08/01 | 4 | 0.61 | si |
| 7 | 28/08/01 | 4 | 0.86 | si |
| 8 | 30/08/01 | 6 | 1.36 | si |
| 9 | 31/08/01 | 3 | 0.91 | si |
| 10 | 07/09/01 | 5 | 0.88 | no |
| 11 | 10/08/01 | 5 | 0.29 | no |
| 12 | 12/09/01 | 5 | 0.64 | no |
| Norma | | 9 | 1.6 | |
| Promedio sin Hidrog. | | 4.3 | 0.60 | |
| Desv. Estandar sin Hidrog. | | 1.5 | 0.24 | |
| Promedio con Hidrog. | | 5.1 | 0.85 | |
| Desv. Estandar con Hidrog. | | 1.6 | 0.26 | |
| t | | 0.89 | 1.62 | |

En este caso, para el vehículo 2 se tiene que para la opacidad en aceleración libre y para la opacidad en carga $t > -1.81$, con lo cual no se rechaza H_0 y no podemos entonces afirmar, que existan disminuciones estadísticamente significativas de la opacidad al instalar el Hidrogenador, en este vehículo. Por el contrario la opacidad en este caso aumenta, pero en un valor que no nos permite suponer un aumento estadísticamente significativo. Es decir, como el estadígrafo t se encuentra entre $+1.81$ y -1.81 , nos encontramos en una zona de indiferencia, donde no existen diferencias estadísticamente significativas entre ambas muestras (sin y con dispositivo).



| Fecha de Aprobación | Generado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|---------------------|--|---|--|
| 03/10/01 | Nombre: Alisha Reinoso Cargo: Jefe Planificación y Desarrollo | Nombre: Raúl Albarrán Cargo: Coordinador de Homologación y Certificación | Nombre: Alisha Reinoso Cargo: Jefe Planificación y Desarrollo |



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

ST3CV003EV01/01

ST3CV003EV01_01

Página 8 de 8

INFORME TÉCNICO PROGRAMA EXPERIMENTAL
DISPOSITIVO HIDROGENADOR

7.0 Conclusiones

De los datos recopilados en esta experiencia piloto se observa una disminución estadísticamente significativa en las mediciones de opacidad en carga y en aceleración libre para uno de los dos vehículos ensayados (Vehículo 1). Esto para el conjunto de datos disponibles en la experiencia.

Respecto del otro vehículo en estudio (Vehículo 2) no es posible afirmar que existan disminuciones o aumentos en la opacidad en carga o en aceleración libre, que sean estadísticamente significativos.

Los resultados obtenidos en el presente programa piloto, no son concluyentes, considerando que las reducciones de opacidad se observaron sólo en uno de los dos vehículos ensayados.



| Fecha de Aprobación | Generado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|---------------------|---|---|---|
| 03/10/01 | Nombre: Aliosha Reinoso Cargo: Jefe Planificación y Desarrollo | Nombre: Raúl Albarrán Cargo: Coordinador de Homologación y Certificación | Nombre: Aliosha Reinoso Cargo: Jefe Planificación y Desarrollo |