

Determinantes de la conversión de vehículos a Gas Licuado de Petróleo y el diseño de políticas de limpieza del aire en el Centro Histórico de Trujillo.

Determinantes de la conversión de
vehículos a Gas Licuado de Petróleo y el
diseño de políticas de limpieza del aire en
el Centro Histórico de Trujillo.

Jorge Zegarra
Félix Sulén
Lily Bautista

(Logo de CIES)



- c Jorge Zegarra
Félix Sulén
Lily Bautista

- c Consorcio de Investigación Económica y Social, CIES
Antero Aspíllaga 584, El Olivar, Lima 27, Perú
Telefax [51-1] 421-8082, 421-7968, 442-0463
< www.cies.org.pe >

- c Universidad Nacional de Trujillo, UNT
Almagro 396, Trujillo
Teléfono [51-44] 22-2409
<www.unitru.edu.pe>

Edición: Lima,

Revisión de texto:

Arte de carátula:

Impreso por

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N°

ISBN

Contenido

PRESENTACIÓN

RESUMEN EJECUTIVO

INTRODUCCIÓN

Capítulo 1

Población, Vehículos, Contaminación y Gas Licuado de Petróleo

- 1.1 Evolución del parque vehicular y de la población
- 1.2 Niveles de contaminación en Trujillo y el impacto de GLP en el medio ambiente
- 1.3 Medidas ensayadas en Trujillo y condiciones de la conversión a GLP

Capítulo 2

Externalidades, Inversión en Conversión y Mercado de Combustibles

- 2.1 Externalidades negativas
- 2.2 Inversión en conversión
- 2.3 Mercado de combustibles

Capítulo 3

VARIABLES, MUESTRA Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

- 3.1 Variables usadas y fuentes de información
- 3.2 Tamaño de muestra y técnicas de recopilación de datos
- 3.3 Tipo de análisis

Capítulo 4

Modelos de Conversión y Cambios en Determinantes

- 4.1 Análisis de variables
- 4.2 Construcción de modelos alternativos
- 4.3 Escenarios de probabilidad de conversión

Capítulo 5

Discusión e Implicancias de Política

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

- A. Encuesta para los dueños de un solo vehículo
- B. Respuestas tabuladas de la Encuesta
- C. El modelo MLP y la corrección de la Heteroscedasticidad

PRESENTACIÓN

Debo reconocer que sin la cooperación de un conjunto de documentos, personas e instituciones no se habría logrado los resultados expuestos en este estudio. En primer lugar menciono la obra de Elsa Galarza¹ sobre implementación de tecnologías limpias, que sirvió de inspiración para la concepción de este estudio. Luego, el CIES contribuyó con asesoramiento y financiamiento. Finalmente, la generosa provisión de información de organismos públicos y privados y el apoyo de la ciudadanía en general² permitieron avanzar en el desarrollo de este arduo trabajo.

En efecto, cooperaron al éxito de este estudio la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de La Libertad, DRTC-LL, el Sistema de Administración Tributaria del Concejo Provincial de Trujillo, SATT, la Dirección General de Salud Ambiental en Trujillo, DIGESA – Trujillo, los dueños de automóviles y camionetas no rurales de la Provincia de Trujillo, el Servicio Nacional de Adiestramiento Industrial de La Libertad, SENATI – La Libertad, los principales talleres de conversión de vehículos a GLP en la ciudad de Trujillo, y algunos profesores y alumnos de la Facultad de Ciencias Económicas de la UNT.

Además la conversión de vehículos a GLP ha sufrido un incremento durante el lapso de estudio gracias a la prensa, a los testimonios de los convertidos hechos en dos seminarios organizados por la Universidad Nacional de Trujillo para los dueños de vehículos y taxis y al esfuerzo desarrollado por la Caja Trujillo. Esta entidad no sólo

1 Elsa Galarza y otros: Implementación de Tecnologías Limpias en el Perú: el uso de GLP en Taxis. Documento de Trabajo 53, Lima CIUP.

2 El tema de la importancia de la conciencia ciudadana para reconocer y cooperar en la solución de los problemas ambientales puede verse en Daniela Sismondi (Compiladora): Contaminación Atmosférica y Conciencia Ciudadana. CEPAL, UN, Santiago de Chile, 2003. Caps. 1 y 2.

apoyó los seminarios sino también difundió una línea de crédito para taxistas que reúnen las condiciones necesarias para una conversión exitosa.

En especial debo reconocer la dedicación y empeño de los profesores de la Facultad de Ciencias Económicas, Félix Sulén y Lily Bautista, quienes apoyaron el diseño de la encuesta, el manejo de los encuestadores y la redacción del informe final. Ellos también convalidaron las respuestas e hicieron importantes observaciones al proceso de tabulación, al modelo y a los informes parciales. De igual manera, debo reconocer el eficiente trabajo de campo del grupo de estudiantes del X ciclo de la Escuela de Economía de la Facultad de Ciencias Económicas, quienes realizaron con eficiencia la encuesta, cooperaron en la organización de los dos talleres sobre GLP, y digitalizaron los datos recolectados.

En el proceso de ajuste de los modelos, las observaciones del econometrista y docente universitario, Dr. Rodolfo Cermeño, fueron muy atinadas. He dejado al final la contribución más importante para los resultados de este estudio, la de la Dra. Roxana Barrantes, asesora de este estudio por parte de CIES. A ella mi profundo agradecimiento por los comentarios a la encuesta y las observaciones a los borradores de este trabajo. He hecho todo lo que está a mi alcance por seguir sus orientaciones y cualquier defecto encontrado es sólo atribuible a mis limitaciones.

RESUMEN EJECUTIVO

En un entorno de crecimiento poblacional y vehicular con aumento de las emisiones tóxicas en las ciudades, la conversión de vehículos gasolineros, especialmente taxis, al sistema dual que emplea gasolina y gas licuado de petróleo (GLP), no sólo es una actividad rentable sino también ecológica. El GLP cuesta menos que la gasolina y emite menos monóxido y dióxido de carbono.

El análisis de las externalidades negativas explica por qué el transporte tiende a contaminar el aire y que instrumentos de política pueden reducir la contaminación. La reducción generalmente implica reducir el servicio de transporte y la flota. La conversión de vehículos al sistema dual es una innovación tecnológica, que reduce la emisión de contaminantes sin disminuir el servicio de transporte. Para poder acceder al sistema dual es necesario realizar una inversión.

Según la teoría de la inversión, el ahorro en combustible se considera un beneficio que debe compararse con el gasto efectuado en la conversión. Para muchos dueños de vehículos gasolineros los beneficios futuros son mayores que la inversión inicial. Los beneficios se basan en el ahorro que significa comprar GLP en lugar de gasolina. Es muy probable que en el futuro el precio del GLP se mantenga por debajo del precio de la gasolina 84 octanos, que ha estado aumentando en los últimos años. Esta predicción del mercado de combustibles garantiza la rentabilidad de la inversión en conversión.

Si bien todos los dueños de vehículos gasolineros en la ciudad de Trujillo conocen bastante bien el ahorro que se logra usando GLP como combustible, en la práctica solamente algunos toman la riesgosa decisión de convertir sus vehículos al sistema

dual. Esto quiere decir que existen otras variables que influyen en la decisión de invertir en el sistema dual.

La teoría económica, el sentido común y datos técnicos sugieren que la conversión depende de: a) el ahorro que se obtiene al usar GLP en lugar de gasolina, b) el conocimiento de la tecnología dual, c) los temores asociados a esta tecnología d) el acceso al crédito y e) la menor contaminación que emiten los vehículos a GLP. Para probar la validez de estos determinantes en la ciudad de Trujillo, se aplicó una encuesta a 509 dueños de un solo vehículo no petrolero, que transita el Centro de Trujillo. Las clases de vehículos, que más transitan el Centro son los automóviles y las camionetas no rurales.

A la luz del marco teórico, se analizó la encuesta y se construyeron tres modelos de conversión: el modelo lineal de probabilidad (MLP), el MLP ponderado y el modelo Logit. Las variables que resultaron significativas en estos modelos fueron la mayor necesidad de ahorrar en combustibles que sienten los dueños de vehículos con a) ingresos bajos e b) hijos pequeños, c) el conocimiento de la tecnología GLP, d) el temor por la inseguridad de los vehículos convertidos, e) el temor de no encontrar grifos surtidores de GLP, f) la antigüedad del vehículo, y g) la edad del dueño. En relación a los determinantes postulados, se descartó el ahorro en combustible en forma directa, el acceso al crédito, y las razones ambientales. Así mismo, se añadieron como determinantes adicionales la antigüedad del vehículo y la edad del dueño.

De los tres modelos mencionados, se eligió el modelo Logit para predecir escenarios de cambios en los determinantes provocados por políticas dirigidas a cambiar los determinantes en la dirección que incremente la probabilidad de conversión. Los objetivos de las políticas de limpieza del aire fueron: a) difundir las propiedades técnicas y ambientales del GLP, b) certificar los talleres de conversión que se ajustan a las normas de calidad y c) reinstalar la revisión del estado de mantenimiento de los vehículos. Asimismo, del análisis de los resultados de la encuesta surgieron políticas de apoyo financiero para los dueños sin ahorros y con deseos de convertir sus vehículos gasolineros al sistema dual.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la tasa de incremento del parque vehicular en la ciudad de Trujillo ha sido mayor que la tasa de crecimiento poblacional. En consecuencia, para los habitantes de Trujillo la contaminación del aire ha aumentado. En el Centro de Trujillo, algunos contaminantes vehiculares, como las emisiones de material particulado, ya sobrepasan los estándares nacionales e internacionales. Frente a este panorama, la adopción de medidas de control, como las restricciones de ingreso al Centro, han sido útiles pero no suficientes.

Este estudio propone una alternativa no exclusiva, que consiste en incentivar las conversiones de vehículos gasolineros al sistema dual de gasolina y gas licuado de petróleo (GLP). En condiciones óptimas, los vehículos a GLP emiten menos contaminantes³ al aire que los vehículos a gasolina. Además en el actual contexto del Perú, la conversión a GLP es una buena alternativa para las principales ciudades alejadas de la ciudad de Lima.

Los marcos apropiados para este estudio fueron la teoría de externalidades, la teoría de la inversión privada y el mercado de combustibles. La población de interés fue el conjunto de dueños de un solo vehículo sea automóvil o camioneta no rural, gasolinera o dual, en la Provincia de Trujillo. Los resultados de la encuesta piloto⁴ obligaron a excluir a los dueños de flotas. Los determinantes de la conversión que se propusieron fueron a) el ahorro que se obtiene al usar GLP en lugar de la gasolina, b)

3 El GLP emite un promedio de 25% menos de monóxido y dióxido de carbono, metano, y óxido nítrico que la gasolina. También reduce las emisiones de material particulado.

4 En Mayo de 2006 se aplicó un cuestionario inicial a 100 dueños de vehículos individuales y de flotas. Los dueños de un solo vehículo respondieron correctamente. En cuanto a los dueños de flotas, algunos no fueron ubicados, otros se negaron a responder el cuestionario y los pocos que respondieron presentaron información no muy confiable. En mi opinión, el estudio de la conversión al sistema dual de los dueños de flotas requiere el diseño de una estrategia diferente, porque su problemática es más compleja.

el conocimiento de la tecnología dual, c) los temores asociados a la seguridad del vehículo y a la disponibilidad de grifos surtidores de GLP d) el acceso al crédito y e) la menor contaminación que emiten los vehículos a GLP.

Se encuestaron al azar a 509 dueños de vehículos divididos en dos grupos: 426 gasolineros y 83 duales. A cada grupo separado se preguntó sobre las condiciones de operación, motivos de conversión, financiamiento, mantenimiento y medio ambiente. Luego, a todos los encuestados se les preguntó sobre los determinantes de conversión postulados y sobre sus características personales (variables socio-económicas). El formato de la encuesta figura en el Anexo A. Después de realizar la encuesta, se tabularon las respuestas cruzándolas con la condición del vehículo gasolinero o dual. Esta técnica permitió encontrar los determinantes propuestos para los modelos y también encontrar otros determinantes de carácter secundario. El resultado de las tabulaciones se presenta en el Anexo B. La estimación de los modelos confirmó el resultado de las tabulaciones.

En efecto, la encuesta sirvió para estimar y validar tres modelos de probabilidad de conversión: el Modelo Lineal de Probabilidad (MLP) simple, el MLP ponderado y el modelo Logit. Por sus características intrínsecas, el modelo Logit resultó apropiado para los fines propuestos. En los tres modelos, el conocimiento y los temores resultaron ser determinantes significativos, mientras que el ahorro en combustible, el acceso al crédito y los motivos ecológicos mostraron una influencia muy débil en la decisión de conversión. En lugar del determinante principal denominado ahorro en combustible, aparecieron como proxies del mismo el ingreso y el número de hijos de los dueños de vehículos.

En efecto, los dueños de vehículos con ingresos bajos e hijos pequeños tienen mayor necesidad de ahorrar en combustible y consecuentemente convierten sus vehículos en mayor proporción que los dueños con ingresos altos y sin hijos pequeños. Adicionalmente se encontró que el año de fabricación del vehículo y la edad del dueño influyeron también en la decisión de conversión. Los dueños más jóvenes y con vehículos más nuevos se convirtieron en mayor porcentaje que sus opuestos. Sin embargo, existió también un ligero porcentaje mayor de convertidos entre dueños en su etapa de adulto mayor y/o con vehículos muy antiguos.

Con el modelo Logit se simuló cambios en las probabilidades de conversión generados por políticas dirigidas a cambiar el valor de los determinantes. Como

resultado de la simulación, se encontró que las políticas de difusión del conocimiento de la tecnología dual permiten apreciar mejor el sistema dual y disminuye los temores asociados a la seguridad de los vehículos convertidos y a la supuesta “escasez” de grifos surtidores de GLP. En efecto, las políticas de difusión ayudan a los dueños de vehículos a conocer mejor las propiedades técnicas y ambientales del GLP y este conocimiento refuerza las decisiones de conversión.

Es necesario destacar que las ventajas técnicas y ambientales del GLP se alcanzan plenamente, sólo si la conversión es realizada con equipos y mano de obra acreditada. Por consiguiente, una recomendación importante de este estudio es el control de la calidad del trabajo y de los equipos usados en los talleres de conversión a través de una certificación de talleres. De igual manera, el mantenimiento adecuado de los vehículos convertidos contribuye a obtener la rentabilidad y la limpieza del aire esperadas. En este sentido, las políticas de revisión técnica deben reestablecerse porque obligan a los dueños a dar mantenimiento adecuado a sus vehículos.

Por otro lado, los resultados de la encuesta indican que existe cierto rechazo a contraer créditos formales. Los dueños de vehículos convertidos usaron más bien sus ahorros acumulados para financiar la inversión en conversión. Por consiguiente, difundir las bondades del sistema financiero y otorgar facilidades crediticias para los préstamos de conversión tienden a disminuir el temor a endeudarse, facilitando las decisiones de conversión. La encuesta sugiere también que las consideraciones ambientales son más una ventaja ex post, que una razón de cambio.

Este estudio se divide en cinco capítulos. El primero describe la evolución del parque vehicular, de la población y de los niveles de contaminación en la Ciudad de Trujillo a manera de antecedentes del estudio. El segundo capítulo se dedica al marco teórico que comprende el origen y tratamiento de las externalidades negativas, la teoría de la inversión aplicada a la conversión de vehículos y el mercado de combustibles proyectado al futuro. El tercero aborda la metodología empleada, esto es, las fuentes de información y las técnicas de recopilación, el tamaño de la muestra y el tipo de análisis aplicado a las variables seleccionadas. El cuarto capítulo presenta el resultado del análisis de las variables y de los modelos estimados, concluyendo con alternativas de probabilidad de conversión para diferentes políticas de cambio en los determinantes. El quinto comenta los resultados y deduce algunas implicancias de política. Y finalmente se presenta las conclusiones y recomendaciones que se desprenden del estudio.

CAPÍTULO 1

POBLACIÓN, VEHÍCULOS, CONTAMINACIÓN Y GAS LICUADO DE PETRÓLEO

En esta sección se describe la evolución histórica del parque vehicular y de la población de Trujillo. Luego se presenta las mediciones de contaminación del aire efectuadas recientemente en la ciudad de Trujillo, para terminar con el análisis de medidas de limpieza adoptadas y las condiciones óptimas de la conversión.

1.1 Evolución del Parque Vehicular y de la Población en La Libertad

En los últimos años el parque automotor de las principales ciudades del país se ha ido incrementado significativamente por el incremento poblacional, la migración, y las mayores necesidades y facilidades para adquirir vehículos. Este incremento ha generado bienestar pero también mayor emisión de contaminantes en el aire⁵ sobre todo en la parte central de las principales ciudades del país. La emisión se agrava si se tiene en cuenta el mantenimiento inadecuado que dan muchos dueños a sus vehículos, la estrechez de las calles del Centro Histórico de la ciudad de Trujillo y la antigüedad de gran parte de la flota vehicular.

El Centro Histórico de Trujillo es transitado diariamente no sólo por taxis, sino también por vehículos particulares como automóviles, camionetas station wagon, camionetas pick up y camionetas panel. El resto de vehículos no puede ingresar al Centro salvo para abastecer productos a los negocios, transportar escolares y otros usos imprescindibles. Por otro lado, la mayor parte de vehículos en Trujillo usan

5 Ver el artículo de Korc: "La Contaminación del Aire". En Cuanto (2003). Ver también la página Web "Noticias 'Se inicia campaña por combustibles limpios'" del 20 de Julio de 2006 en (<<http://www.airesaludable.org/noticias/2004-10-22-combust-limpios.htm>>)

combustibles altamente contaminantes como son las diversas gasolinas y el Diesel 2; pocos usan el gas licuado de petróleo, GLP.

El Cuadro 1.1 presenta la cantidad de vehículos de La Libertad por clase en los últimos diez años.

CUADRO 1.1
LA LIBERTAD: PARQUE AUTOMOTOR REGIONAL 1996 - 2005 (*)
SEGÚN CLASE DE VEHÍCULOS

AÑO	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
CLASE DE VEHÍCULO										
AUTOMÓVILES	18936	20016	21497	22387	23114	24044	24786	25307	25511	25749
CAMIONETAS PANEL	298	308	348	391	425	450	474	505	543	584
CAMIONETAS PICK UP	7439	7620	7952	8199	8330	8426	8528	8675	8835	9094
CAMIONETAS STATION WAGON	2634	2787	3542	4385	5141	5936	6617	7238	7596	8020
OTROS	14716	15129	16215	17536	18360	18991	19479	19873	19692	20992
TOTAL	44023	45860	49554	52898	55370	57847	59884	61598	62777	64439

(*) Placas de rodaje emitidas al 31 de Diciembre de cada año.

Fuente: Elaboración propia en base a información de la Sub Dirección de Circulación y Seguridad Vial - Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de La Libertad, DRTC-LL

Al tomar la cantidad total de vehículo del año 2005 y dividirla entre la del año 1999, encontramos un incremento de 46,38%. Este incremento corresponde a una tasa promedio anual de 4,32%. Sin embargo, no todas las clases de vehículos han evolucionado a esta tasa. Por ejemplo, los automóviles han crecido a una tasa anual de 3,47% mientras que las camionetas station wagon se incrementaron en 13,27% al año. En general, el crecimiento de la flota de automóviles y camionetas station wagon en Trujillo se debió mayormente al aumento de taxis. En los últimos años, muchas personas optaron por alquilar o comprar un taxi para defenderse del desempleo causado por la coyuntura económica.

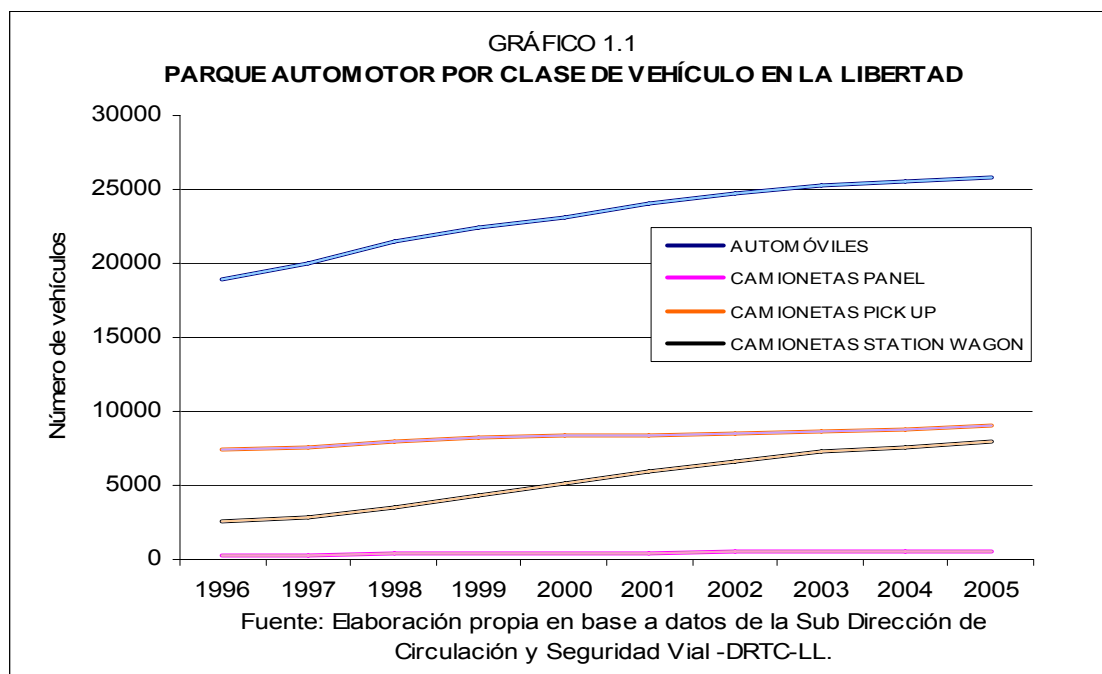
De los 64.439 vehículos que constituía la flota de La Libertad a finales del año 2005, solamente alrededor de 2.000 operaban a GLP⁶. Esta es una cifra muy modesta, pero afortunadamente la cantidad de convertidos va en aumento⁷. La cantidad de convertidos puede aumentar aún más con políticas de incentivos a las conversiones. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que solamente cuando la conversión está bien

6 Información elaborada por el autor en base a la opinión de técnicos de la DRTC-LL y de algunos dueños de talleres de conversión.

7 En la encuesta realizada en Junio de 2006 se entrevistaron a 83 dueños de vehículos duales. De ellos 34 se convirtieron durante el año 2005 y 33 lo hicieron en los 6 primeros meses del 2006. en la medida que la muestra refleje la población, la cantidad de convertidos durante el año 2006 será mayor que la del año pasado.

hecha⁸ y el vehículo recibe su mantenimiento respectivo, se logra disminuir realmente la contaminación del aire del Centro Histórico de Trujillo.

En el Cuadro 1.1, el alto crecimiento de las camionetas station wagon merece un comentario adicional. El parque automotor de taxis en la ciudad de Trujillo ha estado dominado por automóviles marca Daewoo, modelo Tico, desde hace mucho tiempo. Sin embargo, en los últimos años ha empezado a aumentar el número de camionetas station wagon a petróleo para dedicarlas mayormente al servicio de taxis. En efecto, las camionetas station wagon tienen más espacio en la maletera y el precio del petróleo hasta hace pocos años era atractivo, situándose muy por debajo del precio de las gasolinas. Sin embargo, recientemente el precio del petróleo ha subido y ahora se encuentra casi al mismo nivel que el precio de la gasolina 84 octanos. Esta alza en el precio del Diesel 2 ha disminuido el crecimiento de las camionetas station wagon a petróleo. Pero al mismo tiempo ha aumentado el crecimiento de camionetas station wagon a gasolina. La mayor parte de los nuevos taxis station wagon en Trujillo son gasolineros. Precisamente sus dueños los compran con la intención de convertirlos posteriormente a duales. El Gráfico 1.1 permite apreciar mejor el crecimiento de las camionetas station wagon en relación a los demás tipos de vehículos.



8 Los equipos usados y la mano de obra de los talleres de conversión deben ser de calidad reconocida.

El rubro “otros” del Cuadro 1.1 no se ha graficado porque no forma parte de este estudio. En ese rubro se encuentran las unidades denominadas combis, micros, custers, ómnibus, camiones, tractores, remolques y semiremolques.

En el gráfico anterior se aprecia también el menor incremento de automóviles, camionetas pick up y camionetas panel. En general, en los últimos tres años el incremento de toda la flota ha disminuido un poco, pero las camionetas station wagon siguen creciendo. Funcionarios de la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de La Libertad, DRTC-LL, estiman que un 70% de los automóviles y más de un 50% de las camionetas station wagon operan como taxis en la ciudad de Trujillo⁹.

El parque vehicular, que constituye la población para este estudio, es la flota de la Provincia de Trujillo. El Cuadro 1.2 presenta la estimación de la flota de la Provincia de Trujillo, calculada a partir de la flota de automóviles y camionetas no rurales de La Libertad, presentada en Cuadro 1.1.

CUADRO 1.2
DEL PARQUE AUTOMOTOR DE LA LIBERTAD AL DE TRUJILLO 2005
SEGÚN CLASE DE VEHÍCULOS

AÑO	Fines de 2005 brutos	menos 20% absolutos	Fines de 2005 netos	Trujillo 2005			% de últ. 7 años
				80% de L.L.	sin el rubro otros	últimos 7 años	
CLASE DE VEHÍCULO							
AUTOMÓVILES	25749	5149	20600	16480	16480	3634	0.22
CAMIONETAS PANEL	584	116	468	374	374	148	0.40
CAMIONETAS PICK UP	9094	1818	7276	5820	5820	1259	0.22
CAMIONETAS STATION WAGON	8020	1604	6416	5132	5132	3440	0.67
OTROS*	20992	4198	16794	13435	0	0	0.00
TOTAL	64439	12887	51552	41241	27806	8481	0.31

* Incluye Combis, Micros, Ómnibus, Custers, Camiones, Tractores, Remocadores y Semiremolques.

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Sub Dirección de Circulación y Seguridad Vial - DRTC-LL.

La primera columna de este cuadro representa la flota de La Libertad a fines de 2005 presentada en el Cuadro 1.1. A cada rubro de esta columna se le ha sustraído 20% por concepto de obsolescencia. Los vehículos inscritos en la DRTC-LL son cifras

⁹ Según opinión de funcionarios de la DRTC-LL, en los últimos años los dueños de flotas de taxis y los dueños de un solo vehículo están comprando preferentemente camionetas station wagon.

brutas, que no descuentan los datos de baja¹⁰. Con esta deducción, el total de la tercera columna nos presenta la flota sobreviviente de La Libertad a fines de 2005, que asciende a 51.552 vehículos.

Según técnicos de la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de La Libertad, DRTC-LL, la Provincia de Trujillo posee aproximadamente el 80% de toda la flota de La Libertad. De acuerdo a esta estimación, la flota de la Provincia de Trujillo alcanzaría la cifra de 41.241 vehículos, que aparecen al final de la columna 4 del Cuadro 1.2. Este estudio se limita a automóviles y camionetas no rurales. Por consiguiente, descontando el rubro “otros” obtenemos la cifra neta de 27.806 vehículos repartidos en las cuatro clases analizadas.

De los 27.806 vehículos de Trujillo inscritos hasta fines de 2005, 8.481 (31% del total) fueron inscritos entre 1999 y 2005¹¹. El resto de vehículos exhibe placas de rodaje emitidas antes de 1999. Entre los inscritos en los últimos siete años podemos observar que las camionetas station wagon son más nuevas que el resto de la flota porque el 67% se inscribió a partir de 1999. Este hecho corrobora el alto crecimiento de las camionetas station wagon de los últimos años. Es necesario señalar también que haber solicitado placas a partir del año 1999 no implica necesariamente que la antigüedad de estos vehículos sea 7 años como máximo. Muchos inscriben vehículos usados. Poquísimos son los que inscriben vehículos del año. Lo que sí puede afirmarse es que la flota de Trujillo no es muy nueva porque casi el 70% de la flota se inscribió en la DRTC-LL antes de 1999.

La población vehicular, objeto de este estudio, no está constituida por los dueños de los 27.806 vehículos de Trujillo, sino solamente por los vehículos no petroleros cuyos dueños poseen un solo vehículo. Por consiguiente, es necesario ajustar más las cifras. Se conoce que de los vehículos inscritos en la DRTC-LL a partir de 1999, el 52% fueron vehículos no petroleros y el 54% pertenecieron a dueños de un solo vehículo. Estos porcentajes se aplicaron a toda la flota de Trujillo en sus cuatro clases, como se muestra en el Cuadro 1.3.

10 Según estimaciones de expertos de la Sub Dirección de Circulación y Seguridad vial de la DRTC - LL, la mitad de la flota tiene menos de 15 años de antigüedad y una obsolescencia del 5%, mayormente por siniestros. La otra mitad tiene más de 15 años y una obsolescencia del 35%. Por consiguiente, la media ponderada de toda la flota es 20%.

11 La Sub Dirección de Circulación y Seguridad vial de la DRTC - LL posee información sobre propietarios y combustible usado solamente para los vehículos inscritos a partir de 1999.

CUADRO 1.3
PARQUE AUTOMOTOR DE TRUJILLO 2005
SEGÚN CLASE DE VEHÍCULOS, COMBUSTIBLE Y PROPIEDAD

AÑO	Vehículos sin el rubro "otros" 2005	Combustible usado		Propiedad de no petroleros	
		Petroleros 48%	No petroleros 52%	Dueños de flotas 46%	Dueños de un vehículo 54%
CLASE DE VEHÍCULO					
AUTOMÓVILES	16480	7910	8570	3942	4628
CAMIONETAS PANEL	374	179	194	89	105
CAMIONETAS PICK UP	5820	2793	3026	1392	1634
CAMIONETAS STATION WAGON	5132	2463	2669	1228	1441
TOTAL	27806	13346	14459	6651	7808

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Sub Dirección de Circulación y Seguridad Vial - DRTC-LL.

Al parque automotor de Trujillo, presentado en la primera columna, se ha descontado primero los vehículos petroleros¹² (48%), quedando disponible los vehículos no petroleros. Luego a estos últimos se ha sustraído los dueños de flotas (46%). El resultado final de estas deducciones constituye la flota no petrolera que pertenece a dueños de un solo vehículo. Los datos por clase de vehículo son presentados en la última columna del Cuadro 1.3. El total de vehículos asciende a 7.808 vehículos. Esta cifra, repartida en sus cuatro clases, constituye la población de dueños de vehículos, objeto de este estudio. En otras palabras, este estudio analizó el comportamiento relacionado con la conversión de los dueños de un automóvil o camioneta no rural de la Provincia de Trujillo, excluyendo a los dueños de vehículos petroleros y a los de flotas.

Anteriormente hemos comparado los 2.000 vehículos convertidos con toda la flota de La Libertad que suma 64.439 vehículos. Pero los convertidos pertenecen a los vehículos no petroleros de Trujillo en sus cuatro clases analizadas, que asciende a la cifra de 14.459, según el Cuadro 1.3. En esta nueva perspectiva, los 2.000¹³ convertidos constituyen el 14% de los vehículos no petroleros de Trujillo. En otras palabras, el 86% de los vehículos gasolineros de Trujillo no se ha convertido todavía. Se puede reducir este último porcentaje solamente si la tasa de incremento de conversiones es mayor que la tasa de crecimiento de la flota gasolinera de Trujillo.

¹² Solamente los vehículos a gasolina pueden convertirse económicamente a GLP. Para los vehículos petroleros, la conversión tiene un costo exageradamente grande. Sus dueños tendrían que cambiar previamente el motor de sus vehículos. Sin embargo, existen biocombustibles en estudio para vehículos petroleros, que eventualmente pueden sustituir al Diesel 2.

¹³ Los 2.000 convertidos de La Libertad pertenecen a la Provincia de Trujillo, porque grifos surtidores de GLP se encuentran solamente en la Ciudad de Trujillo.

Ahora pasamos a considerar la evolución de la población humana de la Provincia de Trujillo. Para estos fines se hizo uso de los resultados de los Censos de Población y Vivienda de 1972, 1981, 1993 y 2005 así como de algunos supuestos tomados de estudios de crecimiento poblacional en Trujillo en los últimos años¹⁴. Según los análisis hechos por personal del Municipio Provincial, la ciudad de Trujillo experimentó una tasa de crecimiento anual del 2.3% hasta el año 2002 y luego la tasa se ha reducido. Sin embargo los datos preliminares del año 2005 permiten deducir una tasa intercensal 1993-2005 del orden del 2.4%, un poco mayor que la estimada. En general, las tasas de crecimiento de Trujillo son ligeramente mayores que las tasas a nivel nacional, pero mucho menores que las tasas de crecimiento de la flota de vehículos (4.32%). En el Cuadro 1.4 se presenta estimados de la población hasta el año 2008.

CUADRO 1.4
PROVINCIA DE TRUJILLO: POBLACIÓN CENSAL Y PROYECCIÓN 2006-2008
ESTRUCTURA URBANA Y RURAL

AÑO Censal Tipo de Población	1972			1981			1993	2005	2006+	2007+	2008+
	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total	Total	Total	Total	Total	Total
TOTAL	265922	13559	279481	388829	14508	403337	597315	794652	813724	833253	853251

(+) Estimación aplicando una tasa anual de 2.4% a partir de 2006

Fuente: Elaboración del autor en base a los datos de los Censos de Población y Vivienda.

En el periodo intercensal 1972-1981, la población de Trujillo creció a una tasa promedio de 4,16% anual, pero la población urbana creció a 4,31%, mientras que la rural lo hizo sólo a 0,75%. A ese ritmo, de los 833.256 habitantes que tendría la Provincia de Trujillo a fines de 2007 solamente el 2% sería rural. En el periodo 1981-1993, la tasa de crecimiento fue 3,33%, pero en el periodo 1993-2005 la tasa se redujo a 2,4%. En otras palabras, en los últimos 30 años, la tasa se ha reducido a casi la mitad.

Sin embargo, si comparamos el crecimiento promedio del 2,4% de la población con el incremento del 4.32% de la flota vehicular, deducimos que en Trujillo habrá cada vez menos habitantes por vehículo registrado. Actualmente existen aproximadamente 12 habitantes por vehículo o, lo que es lo mismo, 8 vehículos por cada 100 habitantes. Si la proporción (8/100) sigue aumentando y no se toman medidas preventivas y de

14 Ver "Municipalidad Provincial de Trujillo: Población", página Web del 22 de Julio de 2006 en: (<<http://www.munitrujillo.gob.pe/PlanifCatastro/planifica/paginas/planDesMet3.htm>>)

corrección de las emisiones tóxicas, los ciudadanos de Trujillo estarán expuestos cada vez a una mayor contaminación. Esta situación perjudica la salud de los trujillanos, en especial los que habitan, laboran y visitan el Centro de Trujillo.

En resumen, actualmente la flota vehicular crece más rápido que la población urbana, aumentando la contaminación en Trujillo. La conversión de vehículos gasolineros a duales junto con otras medidas puede reducir en parte la gravedad de este problema. La contaminación en la ciudad de Trujillo es generada principalmente por la flota vehicular. Veamos ahora, más específicamente, la situación de las emisiones vehiculares en Trujillo.

1.2 Niveles de contaminación en Trujillo y el impacto del GLP en el medio ambiente

En Trujillo, la contaminación del aire ha afectado principalmente a su Centro Histórico que comprende todas las manzanas circundadas por la Av. España. En esta zona central de Trujillo viven aproximadamente 100.000 personas y existen alrededor de 170 empresas y comercios formales. Además diariamente el Centro Histórico es visitado por aproximadamente 40.000 personas y 7.000 taxis.

La parte central de Trujillo, como la de otras ciudades costeras del país, tiene calles estrechas. En ellas los vehículos, especialmente taxis, diariamente emiten monóxido y dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos como los compuestos orgánicos volátiles, material particulado, plomo, azufre, y otros tóxicos¹⁵. Estas emisiones afectan la salud de las personas y el medio ambiente en general. Un derivado de estas emisiones es el ozono. En efecto, los óxidos de nitrógeno y varios compuestos orgánicos volátiles reaccionan químicamente en presencia de los rayos solares formando oxidantes fotoquímicos como el ozono¹⁶. Como se verá a continuación, el nivel de algunos tóxicos en la Ciudad de Trujillo excede los

15 Carlos Bocanegra : Impactos e Indicadores Ambientales en la ciudad de Trujillo, Parte II, 3. Impactos en el recurso aire, pag.74. Ver también las páginas Webb denominadas "Tóxicos emitidos en la combustión" del 20-07-2006 en (< <http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi99/autos-y-polucion/Toxico.htm>>) y "Las emisiones de los automóviles: sinopsis" en (<<http://www.epa.gov/air/espanol/transporte/sinopsis.html>>)

16 Gerald Kiely. Ingeniería Ambiental: fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. McGraw-Hill / Interamericana de España. Madrid 1,999. Pag. 475.

estándares máximos normados por diversos países, la Organización Mundial de la Salud, OMS, y por el reglamento de la calidad del aire en el Perú¹⁷.

Para entender la contaminación es necesario poseer una idea acerca de cómo está constituido el aire en su forma natural, sin partículas contaminantes excesivas. El aire puro o atmósfera limpia se compone en un 78,09% de nitrógeno (N₂), 20,95% de oxígeno (O₂), y 0,93% Argón (A)¹⁸. Este último porcentaje es equivalente a 9.300 partes por millón, ppm, o 9.300.000 partes por billón, ppb.

Después del Argón vienen pequeñas cantidades de elementos que se expresan en ppm o ppb. Estos son 330,00 ppm de dióxido de carbono (CO₂), 2,20 ppm de metano (CH₄), 1,00 ppm de óxido nítrico (N₂O), 0,12 ppm o 120,00 ppb de monóxido de carbono (CO), 20,00 ppb de ozono (O₃), 1,00 ppb de dióxido de nitrógeno (NO₂), 0,60 ppb de óxido nítrico (NO), y 0,20 ppb de dióxido de azufre (SO₂). El resto del aire se compone de pequeñas cantidades de diversos gases, partículas y metales como el plomo. Las partículas y los metales se miden en gramos por metro cúbico (g/m³) y microgramos por metro cúbico (µg/m³) respectivamente.

Las cantidades ideales de los elementos del aire puro contrastan con las cantidades del aire contaminado. En el Cuadro 1.5 se presenta la concentración de compuestos en promedio en aire limpio y contaminado, así como el tiempo que permanecen estos elementos en la atmósfera en promedio.

17 Los valores recomendados por la OMS y las normas de calidad del aire de varios países se encuentran en "OPS/CEPIS/PUB/00.50 Pag.32, Acápito 2.2 'Guías y normas de calidad del aire en exteriores para contaminantes no tradicionales' " de la página Web del 20-07-2006 (<http://www.cepis.ops-oms.org/bvsci/E/fulltext/normas/2_2.pdf>)

18 Tyler Miller, Ciencia Ambiental, preservemos la tierra, 5ta Edición, Internacional Thomson Editores, S.A. México 2002. Pag. 291 y Gerald Kiely, Ingeniería Ambiental, Pag. 134.

CUADRO 1.5
**CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS EN LA ATMÓSFERA LIMPIA
 Y EN LA CONTAMINADA CON SU TIEMPO DE RESIDENCIA**
 (Mediciones: ppb, g/m³ y mg/m³)

Elemento	Limpio	Contaminado	Tiempo de residencia
Dióxido de carbono (CO ₂)*	320.000 ppb	>400.000 ppb	N.A.
Metano (CH ₄)	1.500 ppb	2.500 ppb	8-10 años
Oxido nitroso (N ₂ O)	300 ppb	> 1.000 ppb	10-150 años
Monóxido de carbono (CO)	120 ppb	1.000-10.000 ppb	65 días
Ozono (O ₃)	20-80 ppb	100-500 ppb	N.A.
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	0.1-1 ppb	50-250 ppb	1 día
Oxido nítrico (NO)	0,01-0,6 ppb	50-750 ppb	1 día
Dióxido de azufre (SO ₂)	0,2-10 ppb	20-200 ppb	40 días
Partículas (PM)	<100 g/m ³	>100 g/m ³	N.A.
Plomo (Pb)	0,005 mg/m ³	0,5-3 mg/m ³	N.A.

* El dióxido de carbono daña la parte alta de la estratósfera, como lo hace también el metano y el óxido nitroso.
 Fuente: Elaboración del autor en base a información de Gerald Kiely:Ingeniería Ambiental, Pags. 134 y 456.

El mayor responsable de la contaminación del aire en Trujillo con los elementos del Cuadro 1.5 es el tráfico vehicular. Con respecto al tiempo de residencia es útil observar lo siguiente. Si bien algunos elementos tóxicos desaparecen en pocos días, la emisión diaria de contaminantes hace imposible su desaparición completa de la atmósfera respirable (troposfera). Los que permanecen más tiempo en la estratósfera son el óxido nitroso, el metano y el dióxido de carbono¹⁹ y en la tropósfera el ozono. Los tres primeros junto con el vapor de agua son los responsables más importantes del efecto invernadero.

Estrechamente relacionado con el concepto de aire contaminado se encuentra el concepto de estándar. Los estándares determinan las cantidades máximas a las que puede estar expuesto un ser humano en un tiempo dado sin deteriorar su salud. Los estándares se expresan cantidades seguras medidas en microgramos por metro cúbico, µg/m³, y en tiempo de exposición, más allá del cual las cantidades seguras resultan peligrosas para el ser humano. En el Cuadro 1.6 se presenta un promedio de los estándares internacionales de la calidad del aire para 3 estados equivalentes, cada uno con su tiempo de exposición y cantidad en µg/m³.

¹⁹ Algunos estiman que el dióxido de carbono puede residir en la estratósfera hasta 15 años.

CUADRO 1.6
ESTÁNDARES INTERNACIONALES DE LA CALIDAD DEL AIRE
TIEMPO MEDIO DE EXPOSICIÓN Y CANTIDADES SEGURAS
(Mediciones: mg/m³ y tiempo)

Contaminante	Equivalente 1		Equivalente 2		Equivalente 3	
	Tiempo	mg/m ³	Tiempo	mg/m ³	Tiempo	mg/m ³
Monóxido de carbono (CO)	1/2 hora	60.000	1 hora	30.000	8 horas	10.000
Ozono (O ₃)	1 hora	200	24 horas	65	100 días	60
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	1 hora	400	24 horas	150	1 año	100
Dióxido de azufre (SO ₂)	1 hora	400	24 horas	150	1 año	50
Hidrocarburos (COV)*	3 horas	160	-	-	-	-
Partículas (PM-10)	-	-	24 horas	125	1 año	50
Partículas totales en suspensión (PTS)	-	-	24 horas	260	1 año	75
Plomo (Pb)	1 mes	1,50	3 meses	1	1 año	0,50

* No incluye el metano (CH₄).

Fuente: Elaboración del autor en base a Gerald Kiely: Ingeniería Ambiental, Pag. 459.

En la elaboración de estos estándares se ha considerado las normas de diversos países desarrollados y las de la Organización Mundial de la Salud, OMS²⁰. El cuadro se interpreta de esta manera. Excederse en el tiempo y/o en la cantidad segura de cada estado equivalente significa no respetar los estándares. Por ejemplo, tomemos un contaminante, i.e., monóxido de carbono. Si una persona se expone por más de media hora a 60.000 µg/m³ de CO o por media hora a más 60.000 de µg/m³ de CO, entonces se expone a deteriorar su salud. El mismo razonamiento de Equivalente 1 se aplica al Equivalente 2 y 3 del monóxido de carbono. Los demás contaminantes se analizan de la misma forma. Según la fuente consultada, algunos contaminantes no poseen los tres equivalentes.

El Perú también ha fijado estándares nacionales mediante el Decreto Supremo 074-2001-PCM. Estos estándares se presentan en el Cuadro 1.7 para fines de comparación con los estándares internacionales de la calidad del aire.

20 Gerald Kiely, Ingeniería Ambiental. Op. Cit. Pag.459.

CUADRO 1.7
ESTÁNDARES NACIONALES DE LA CALIDAD DEL AIRE
 (Los valores son concentraciones en mg/m³)

Contaminante	Periodo	Forma del estándar	
		Valor en mg/m ³	Formato
Monóxido de Carbono, (CO)	8 horas	10.000	Promedio móvil
	1 hora	30.000	No exceder más de una vez al año
Dióxido de Nitrógeno, (NO ₂)	Anual	100	Promedio aritmético anual
	1 hora	200	No exceder más de 24 veces al año
Ozono, (O ₃)	8 horas	120	No exceder más de 24 veces al año
Dióxido de Azufre, (SO ₂)	Anual	80	Media aritmética anual
	24 horas	365	No exceder más de una vez al año
Material Particulado de 10 micras, (PM-10)	Anual	50	Media aritmética anual
	24 horas	150	No exceder más de una vez al año
Plomo, (Pb)	Anual	(por determinar)	
	Mensual	1,5	No exceder más de 4 veces al año

Fuente: Elaboración del autor en base a DS 074-2001-PCM y al Diagnóstico de Línea Base de la Cuenca Atmosférica de Trujillo Metropolitano. Trujillo 2005. Gesta Zonal del Aire - Trujillo.

Las medidas no emplean el concepto de equivalentes, pero son muy similares a las del Cuadro 1.6. En efecto, los estándares nacionales de monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y plomo son exactamente iguales a los internacionales. El estándar nacional del ozono es muy similar al internacional. En cuanto al dióxido de azufre y las partículas PM-10, los estándares nacionales son más tolerantes que las normas internacionales. El formato de los estándares nacionales establece el método estadístico de obtención de los valores y pone límites número de altas exposiciones en el lapso de un año. Las mediciones del aire de la ciudad de Trujillo harán referencia a los estándares internacionales.

El Decreto Supremo 074-2001-PCM no sólo aprobó el reglamento de estándares nacionales, sino también dio inicio a la formulación planes de descontaminación del aire para 13 zonas de atención, entre las que se encuentra Trujillo. La institución pública denominada Gesta Zonal del Aire²¹ se encarga de esta tarea. Gesta Zonal del Aire se compone de instituciones dedicadas al cuidado ambiental, mediante la medición de la calidad del aire y la formulación de planes de limpieza por zonas.

²¹ Gesta Zonal del Aire – Trujillo, es un grupo de estudio técnico ambiental de la calidad del aire encargado de formular y evaluar los planes de acción para el mejoramiento de la calidad del aire en la cuenca atmosférica de Trujillo Metropolitano. Está conformado por la Cámara de Comercio, CONAM, la Municipalidad Provincial de Trujillo, D.E.S.A. La Libertad, las Direcciones Regionales de Educación, Pesquería, Industria y Turismo, Transportes, Varias ONGs, Universidades, el Gobierno Regional (CTAR la libertad), los Colegios Profesionales, el Sindicato de Choferes, la Policía Ecológica, y los empresarios transportistas. Se instaló el 26 de noviembre del 2001. Sus funciones son a) supervisar el diagnóstico de línea base, b) formular los planes de acción para mejoramiento de la calidad del aire, y c) proponer medidas inmediatas que deban realizarse en los estados de alerta.

Todas sus actividades están respaldadas por normas legales²². En Mayo del 2005, la Gesta Zonal del Aire – Trujillo emitió un diagnóstico de Trujillo Metropolitano²³. En este documento figuran algunas mediciones de las emisiones de tóxicos en Trujillo. El Cuadro 1.8 presenta el monitoreo de emisiones en diferentes años y en diferentes puntos de muestreo elaborado por la Gesta Zonal del Aire - Trujillo.

CUADRO 1.8
CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE TRUJILLO PARA LOS AÑOS 1997, 2002 y 2003.

Año	Puntos de muestreo	Dióxido de Azufre	Dióxido de Nitrógeno	Partículas Totales Suspendidas	Partículas 10 micras diámetro	Partículas 2.5 micras diámetro	Plomo
		(SO ₂)	(NO ₂)	(PTS)	(PM-10)	(PM-2.5)	(Pb)
		mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³		mg/m ³	mg/m ³
1997	Hospital Belén	0,01	50,30	110,58	-	-	0,43
	Compañía de Bomberos	0,01	48,20	71,92	-	-	0,07
	Colegio Químico Farmacéutico	0,02	211,76	224,27	-	-	0,23
	Farmacia Maritana	0,00	29,52	140,37	-	-	0,06
	Autopista Salaverry Km.3.6	0,00	3,99	-	-	-	-
	Vivienda (Av. Teodoro Varcarcel s/n Cd. 11)	-	-	-	-	-	0,21
2002	SATT	14,48	13,19	119,49	94,12	36,42	-
	Vivienda (Av. 28 De Julio 273 -CP Villa del Mar)	11,89	10,29	162,78	-	35,68	-
	Red de Salud, Trujillo	13,37	30,53	243,80	-	37,12	-
	CS. Vista Alegre	9,12	10,24	136,92	-	24,47	-
2003	Red de Salud	5,05	2,64	168,44	-	49,66	-
	SATT	5,26	2,89	78,98	-	15,00	-
	C.S. Vista Alegre	3,36	0,90	103,42	-	28,45	-
	Concejo Menor Villa del Mar	4,52	1,86	127,08	-	25,87	-
	Hospital Belén	3,01	2,21	95,19	-	17,68	-

Fuente: Elaboración del autor en base a DIGESA, Gesta Zonal de Trujillo, PRAL - Trujillo

Comparando estas cifras con los estándares internacionales de 24 horas de exposición del Cuadro 1.6, encontramos que en la Ciudad de Trujillo las partículas totales suspendidas, PTS, se encuentran en el límite de tolerancia. Las PTS se

22 La base legal de las actividades de medición y los planes de limpieza de Gesta Zonal del Aire – Trujillo está constituida por los Decretos Supremos N° 074-2001-PCM (reglamento de estándares nacionales de la calidad ambiental), N° 069-2003-PCM (valor anual de concentración de plomo), N° 009-2003-SA (reglamento de los niveles de estados de alerta nacionales para contaminantes del aire), N° 047-2002-MTC (límites máximos permisibles de emisiones contaminantes para vehículos automotores que circulen en la red vial), N° 013-2005-EM (reglamento de la ley del mercado de biocombustibles), N° 025-2005-EM (cronograma de reducción progresiva del contenido del azufre en el combustibles diesel n° 1 y 2), y la Ley N° 28054 (promoción del mercado de biocombustibles).

23 El documento lleva por título: Dirección Regional de Salud, La Libertad, Gesta Zonal del Aire – Trujillo: Diagnóstico de Línea Base de la Cuenca Atmosférica de Trujillo Metropolitano. Trujillo 2005.

asocian a enfermedades y dificultades respiratorias²⁴. Así mismo, según los estándares internacionales y nacionales, la emisión de óxidos nitrosos, óxidos de carbono y los compuestos orgánicos volátiles (hidrocarburos) del Cuadro 1.6 no es excesiva. Pero dado que la última medición de Gesta Zonal del Aire fue en el año 2003, es posible que actualmente algunas emisiones en horas punta²⁵ estén excediendo los estándares internacionales en la Ciudad de Trujillo. Una medición que no dispone de estándares, pero que en los últimos años oscila alrededor de 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ es el material particulado fino con un diámetro igual o menor a 2.5 micras, PM-2.5. Estas partículas son peligrosas para el sistema respiratorio y últimamente están siendo estudiadas. En la Ciudad de Trujillo se ha realizado un estudio de las partículas PM-2.5 y otros contaminantes bajo el enfoque de exposición personal.

A diferencia de las mediciones anteriores que miden la calidad del aire en estaciones fijas de monitoreo, un grupo de investigadores de la Universidad de Georgia y el Ing. Manuel Aguilar-Villalobos de Trujillo han trabajado en los últimos años con el concepto de exposición personal a la contaminación²⁶. Las personas pasan su tiempo durante el transcurso de su vida en variados micro ambientes y la exposición personal mide mejor el riesgo de contraer enfermedades. Este método mide la ingesta de tóxicos para diferentes tipos de trabajadores empleando dosímetros personales.

En el año 2002, este grupo de investigadores empezó a investigar la contaminación del aire de Trujillo y su influencia en la salud mediante un estudio piloto²⁷ de exposición a contaminantes automotrices entre 58 trabajadores (choferes, vendedores ambulantes de periódicos, policías de tránsito y personal de grifos) y diez trabajadores de oficinas que actuaron como controles. En ese estudio se midió el Particulado Fino (PM-2.5), así como el Monóxido de Carbono (CO) y los Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs). Estos últimos comprenden el Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno. El Cuadro 1.9 presenta los resultados promedio y desviación estándar, DE, de los tres contaminantes por tipo de trabajadores medidos en el año 2002.

24 Gerald Kerly. Op. Cit. Pag. 470.

25 Las horas de mayor tráfico son de 10:00 AM a 1:00 PM y de 6:00 PM a 9:00 PM.

26 Luke P. Naeher, Manuel Aguilar, Charlene Bayer, John Allen y Xianglu Han.. Exposición Ocupacional a Contaminantes Automotrices de Particulado Fino (PM-2.5), Monóxido de Carbono (CO) y Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's) en Trujillo, Perú.

27 Ver de nuevo Luke P. Naeher y otros. Op. Cit. Este estudio fue realizado por el convenio de la University of Georgia, la Asociación del Aire Ambiental y la Municipalidad Provincial de Trujillo, Trujillo 2002. Ver también este título en la página (<<http://www.munitrujillo.gob.pe/download/ESTUDIO%20DE%20CONTAMINANTES.Pdf>>).

CUADRO 1.9
EXPOSICIÓN A MATERIAL PARTICULADO 2.5, MONÓXIDO DE CARBONO Y COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES

(partes por millón, ppm, y microgramos por metro cúbico, mg/m³)

Trabajadores	Media o Prom. Desv. Estándar	Material Particulado (PM-2.5)* mg/m ³	Monóxido de Carbono (CO) ppm	Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's) mg/m ³			
				Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xileno
Choferes Combi	Promedio	114,4	2,9	5,5	22,3	2,6	15,6
	D.E.	26,9	0,8	1,7	7,4	1,4	5,6
Choferes Micro	Promedio	161,0	2,4	138,6	499,6	NA	NA
	D.E.	63,4	0,7	112,9	440,7	NA	NA
Choferes Taxi	Promedio	NA	3,1	8,4	37,3	4,6	27,6
	D.E.	NA	0,7	3,5	16,6	1,6	10,2
Vendedores de periódicos	Promedio	NA	11,4	NA	NA	NA	NA
	D.E.	NA	8,9	NA	NA	NA	NA
Policías de tránsito	Promedio	89,5	3,8	187,5	668,1	NA	NA
	D.E.	29,4	1,9	NA	NA	NA	NA
Personal de grifos	Promedio	64,0	4,8	110,6	253,9	43,2	213,6
	D.E.	26,5	2,0	118,4	226,0	40,1	197,4
Trabajadores de oficina	Promedio	65,2	2,0	NA	10,2	NA	NA
	D.E.	8,5	1,7	NA	NA	NA	NA

* El PM-2.5 fue medido en un día laboral con el método pasivo en mg/m³. Solamente CO fue medido en ppm.

Fuente: Elaboración del autor en base a Luke Naeher, Manuel Aguilar y otros: Exposición Ocupacional a Contaminantes Automotrices de PM-2.5, CO y COV's en Trujillo - Perú 2002.

Como resultado de este estudio y según los contaminantes medidos por tipo de trabajador, los choferes de micros tuvieron la máxima exposición al PM-2.5 (Promedio ± DE: 161 ± 63,4 µg/m³), mientras que los trabajadores de los grifos y los trabajadores de oficinas tuvieron la mínima exposición al PM-2.5: (64 ± 26,5 µg/m³ y 65 ± 8,5 µg/m³ respectivamente). Los vendedores ambulantes de periódicos tuvieron la máxima exposición al CO (11,4 ± 8,9 ppm), mientras que los trabajadores de oficinas tuvieron la mínima exposición al CO (2,0 ± 1,7 ppm). En cuanto a la exposición a los COVs, los policías de tránsito son los más expuestos al Benceno y Tolueno (187,5 y 668,1 µg/m³ respectivamente) y los menos expuestos al primero son los choferes de combi (5,5 ± 1,7 µg/m³) y al segundo los trabajadores de oficina (10,2 µg/m³). Finalmente, la máxima exposición al Etilbenceno y Xileno la tiene el personal de grifos (42,3 ± 40,1 y 213,6 ± 197,4 µg/m³ respectivamente) y la mínima la tienen los choferes de combi (2,6 ± 1,4 y 15,6 ± 5,6 µg/m³ respectivamente)²⁸.

Una característica de este estudio es el énfasis que pone en los efectos de la contaminación en la salud personal. El aire que respira una persona en los diferentes ambientes que transita es el responsable de las afecciones que pueda tener en su

²⁸ Luke P. Naeher y otros. Op. Cit.

sistema respiratorio, nervioso y cardiovascular. Naeher considera que el material particulado, como el PM-2.5, afecta directa y gravemente al sistema respiratorio. Además entre los COV's, se sospecha que el benceno es cancerígeno provocando leucemia. En general, los hidrocarburos causan pérdida de coordinación, náusea y daños en el hígado. Pero los hidrocarburos poliaromáticos son potencialmente cancerígenos.

Naeher recomienda hacer estudios profundos y detallados de los efectos de la contaminación ambiental en la salud para evaluar la magnitud del problema de salud pública ambiental. Estos estudios permitirán diseñar políticas más eficientes de control y reducción de la contaminación del aire. En el Perú es posible realizar investigaciones epidemiológicas en regiones con diferentes características meteorológicas y condiciones socio-económicas para determinar la relación entre las emisiones del parque automotor y sus efectos en la salud humana, especialmente en niños, ancianos, mujeres gestantes y otros grupos vulnerables²⁹.

El material particulado en la ciudad de Trujillo ha sido ubicado en niveles peligrosos para la salud de los habitantes por algunas fuentes³⁰. Por ejemplo, GESTA - Trujillo ha alertado sobre los efectos del material particulado y otros tóxicos en la salud pública³¹ y ha estimado las partículas y otros tóxicos vehiculares emitidos por tipo de vehículo. No sólo los automóviles y las camionetas no rurales dañan el ambiente en la Ciudad de Trujillo, sino también las otras clases de vehículos, mayormente petroleros. El grupo GESTA ha hecho un estimado de la producción de contaminación de todos los vehículos de la Ciudad de Trujillo durante el año 2003. El Cuadro 1.10 presenta estos resultados en toneladas dividiendo el parque vehicular en dos grupos: los vehículos bajo estudio y los demás vehículos. Estos últimos son unidades de mayor tamaño.

29 Luke P. Naeher y otros. Op. Cit.

30 Ver el estudio de Carlos Bocanegra: Impactos e indicadores ambientales en la ciudad de Trujillo, Editora Nuevo Norte S.A. Trujillo, 2000. Pag. 75.

31 Puede consultarse "Gesta Trujillo: Zonal del aire de Trujillo" página Web del 22 de Julio de 2006 ubicada en (<<http://www.ucv.edu.pe/lima/GESTADELAIRETRUJILLO.pdf>>)

CUADRO 1.10
**EMISIÓN ESTIMADA DE CONTAMINANTES EN TRUJILLO PROCEDENTES
 DE DIVERSAS FUENTES MÓVILES DURANTE EL AÑO 2003 EN Tn/AÑO**

Contaminantes*:	PTS	SO ₂	NO _x	CO	COV	Pb
Tipo Vehículo:						
Automóvil	85,78	233,07	959,32	6.408	1.001,77	17,9
Camioneta panel	0,65	1,79	5,6	36,6	5,21	NA
Camioneta pickup	10,48	28,94	132,71	1.142,9	137,14	3,15
Camioneta station wagon	37,78	108,96	156,21	450,5	63,75	0,33
Total	134,69	372,76	1253,84	8.037,9	1.207,87	21,38
Camioneta Rural	36,99	107,26	129,45	184,93	27,74	NA
Semiremolque	97,56	228,89	1.485,9	232,64	180,11	NA
Remolque	118,97	279,12	1.812,02	283,7	219,64	NA
Omnibus	164,77	392,7	2160,29	1.098,5	476	NA
Camión	156,1	372,05	2.046,69	1.040,7	450,97	NA
Vehículo Menor	4,43	5,7	16,73	1.730,3	691,34	NA
Total	578,82	1385,72	7.651,08	4.570,7	2.045,8	NA
TOTAL GENERAL	713,5	1.758,5	8.904,9	12.609	3.253,66	21,39

* PTS = partículas suspendidas, SO₂ = dióxido de azufre, NO_x = Óxidos de nitrógeno,

CO = monóxido de carbono, COV = compuestos orgánicos volátiles y Pb = plomo.

Fuente: Elaboración del autor en base a información de Gesta Zonal de Trujillo, PRAL Trujillo.

Existen diferencias entre las emisiones de los vehículos bajo estudio y las emisiones de los demás vehículos. Solamente en monóxido de carbono y plomo, los vehículos bajo estudio son más contaminantes como grupo. En las demás emisiones el grupo de vehículos mayores contamina más. El total general es bastante alto e indica que en la Ciudad de Trujillo la reducción de la contaminación mediante la conversión a GLP es sólo una contribución marginal frente a la gran cantidad de todos los contaminantes vehiculares, que se emite anualmente.

En efecto, en relación a las emisiones de la gasolina el GLP reduce solamente un promedio de 25% del monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O)³². Pero no reduce los otros óxidos de nitrógeno (NO_x), que junto con algunos hidrocarburos (COV) son responsables de la formación de ozono. Asimismo, el GLP no emite azufre. Las emisiones de dióxido de azufre (SO₂) son generadas por la combustión del Diesel 2. Al no poderse convertir los vehículos petroleros al sistema dual, no se puede reducir estas emisiones. Sin embargo, las exposiciones al dióxido de azufre constituyen un serio peligro para el sistema

respiratorio³³. Por consiguiente, es necesario estudiar la forma de disminuir la gravedad de este problema³⁴. En relación a las partículas, existen dos posiciones. Muchos afirman que el GLP emite menos partículas que la gasolina³⁵; pero algunos creen que el GLP emite más partículas finas, PM2.5, que la gasolina. Finalmente, en lo que al plomo se refiere, éste es un aditivo de las gasolinas cuyo estándar internacional anual es de 0,5 µg/m³ al año. Obviamente el GLP no contiene plomo. Sin embargo, las últimas disposiciones obligan a las gasolinas a reducir este aditivo. Es muy probable que la cantidad de plomo en el ambiente esté disminuyendo, sobre todo en los grifos³⁶.

La reducción de la contaminación mediante la conversión a GLP es también una contribución marginal frente al tamaño de la flota de vehículos. Como se observó en el Cuadro 1.2, a fines de 2005 la cantidad total de vehículos en operación de La Libertad ascendió a 51.552. Frente a esta cifra los 2.000 convertidos hasta fines del 2005 representaron solamente el 3.9% de toda la flota. El 25% de reducción en contaminantes del 3.9% de vehículos representa una reducción de sólo 1% en emisiones de los 4 contaminantes mencionados. Ahora bien, si todos los 14.419 vehículos no petroleros del Cuadro 1.3 se convirtieran a duales, entonces sí se podría llegar a una reducción significativa de monóxido y dióxido de carbono en el Centro de Trujillo. Pero, como veremos al analizar los modelos de conversión, existen una serie de impedimentos que no permiten aumentar las conversiones hasta alcanzar el total de vehículos no petroleros.

En resumen, las conversiones de automóviles y camionetas no rurales son un medio de reducir parte de la contaminación. Los vehículos a GLP reducen aproximadamente 25% las emisiones de monóxido de carbono, dióxido de carbono y material particulado en relación a los vehículos gasolineros y no arrojan partículas de plomo ni azufre. Si bien las emisiones de óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles aumentan, el GLP reduce las emisiones que más afectan la salud y se encuentran en mayor proporción en la atmósfera contaminada.

33 Se puede respirar un máximo de 400 µg/m³ de dióxido de azufre en una hora, lo que equivale a 150 ppb en condiciones normales de presión y temperatura. Cantidades mayores son dañinas al ser humano, especialmente si el dióxido de azufre se convierte en ácido sulfúrico. Ver Gerald Kiely. Op. Cit. Pag. 406.

34 En relación al azufre, en EE.UU. ha tenido éxito la emisión de permisos para contaminar negociables, pero para fuentes de contaminación fijas (plantas de generación de electricidad en base a carbón). Ver Robert N. Stavins. "What can we learn from grand policy experiment? Lessons from SO₂ allowance trading" Journal of Economic Perspectives – Volume 12, Number 3 – Summer 1998 – Pag. 69-88.

35 Elsa Galarza y otros. Op. Cit. Pag. 22.

36 Los más expuestos a este metal son los que proveen el servicio de abastecimiento de gasolina en los grifos surtidores. Ver Gerald Kerly. Op. Cit. Pag. 476.

Pasamos ahora a analizar una medida de control de la contaminación ensayada en Trujillo frente a la conversión, así como y las condiciones óptimas que producen una conversión eficiente.

1.3 Medidas ensayadas en Trujillo y condiciones de la conversión a GLP

La contaminación afecta a la salud de los propios conductores, así como la de los que viven, trabajan, estudian, tienen negocios y visitan diariamente el Centro de Trujillo. Cualquier medida que tienda a reducir aunque sea marginalmente la contaminación del Centro beneficiará a toda esta población. Pero algunas medidas de control ensayadas en Trujillo han afectado también negativamente a la parte de la población que trabaja o tiene negocios en el Centro de Trujillo³⁷. Por ejemplo, en la Ciudad de Trujillo se ha prohibido el ingreso por horas a la parte más transitada del centro. Esta medida ha generado un costo económico para los taxis y los negocios de la parte restringida. También ha generado un beneficio para toda la población que visita y trabaja en la parte restringida. Pero la población circundante a la zona restringida se ha congestionado y la contaminación se ha intensificado en ese lugar. Por consiguiente, para toda la ciudad la contaminación ha disminuido muy poco³⁸.

Dada la ineficacia de este instrumento de control, se optó por considerar la solución del problema de la limpieza del aire en el Centro Histórico de Trujillo promoviendo cambios tecnológicos a los vehículos contaminadores. En este campo se sitúa la conversión de vehículos gasolineros al sistema dual, que emplea como combustible tanto gasolina como GLP. Este enfoque es complementario a las diversas medidas de control y mando, que pueden implementarse. La ventaja sobre los instrumentos de control radica en que la conversión es una decisión libre que emplea los incentivos del mercado y al mismo tiempo reduce la contaminación.

En efecto, la conversión tiene ventajas económicas y ambientales. Sin embargo, para que ambas ventajas sean significativas es necesario que la conversión se realice en vehículos con motor y demás accesorios en excelentes condiciones de operación. Más aún, el trabajo mismo de convertir debe hacerse con tecnología apropiada, mano

37 Los conceptos de costo-beneficio marginal empleados para analizar la contaminación se encuentran desarrollados en Perman, Roger y otros: *Natural Resources & Environmental Economics*, Capítulo 8.

38 La solución de cualquier conflicto ambiental genera conflicto como fue el caso del pueblo de San Mateo y la empresa minera Lisandro Proaño. Ver "El conflicto ambiental en San Mateo de Huanchor" del 23-07-2006 en (<http://peru.indymedia.org/news/2005/07/18200.php>).

de obra calificada, supervisada por un ingeniero, y con componentes de calidad. Después de la conversión, el vehículo debe recibir un mantenimiento regular³⁹. Sólo bajo estas condiciones, el GLP permite disminuir por lo menos un 25% del monóxido, dióxido de carbono y otros gases así como ahorrar por lo menos un 40% en el gasto en combustibles y en otros gastos de mantenimiento.

En resumen, conviene recordar dos puntos. Primero, el GLP es más ecológico que las diversas gasolinas, pero puede aumentar las emisiones de compuestos orgánicos volátiles y algunos óxidos de nitrógeno creando ozono⁴⁰. Sin embargo, estos aumentos no son muy significativos porque en conjunto constituyen un volumen de emisiones muy inferior a los óxidos de carbono, azufre, plomo y material particulado, que el GLP ayuda a disminuir. Segundo, es necesario prestar atención al proceso de conversión y al mantenimiento del vehículo convertido si se quiere alcanzar los objetivos económicos y ambientales que promete el uso del GLP.

39 Algunos vehículos convertidos en Trujillo arrojan GLP por el tubo de escape. Esta situación constituye un serio peligro para la salud y un riesgo de incendios y hasta de explosiones. El mantenimiento regular se encarga de disminuir este peligro latente. Asimismo, muchos dueños de vehículos duales no encienden diariamente los motores de sus vehículos con gasolina por unos 15 minutos, como es recomendable. Encender un vehículo dual, que ha estado varias horas sin uso, directamente con GLP puede dañar el motor.

40 Para reducir más las emisiones de tóxicos, los dueños de vehículos, especialmente los particulares, pueden usar convertidores catalíticos en sus tubos de escape. Los convertidores catalíticos son caros. Sin embargo, es posible en nuestro medio crear sistemas económicos de reducción o conversión de emisiones tóxicas.

CAPÍTULO 2

EXTERNALIDADES, INVERSIÓN EN CONVERSIÓN Y MERCADO DE COMBUSTIBLES

El tema específico de determinantes de la conversión no ha sido tratado en la literatura revisada, ni encontrado en las páginas Web. Por consiguiente, se ha considerado, como referencias teóricas, los modelos generales de las fallas del mercado y las externalidades negativas, la teoría de la inversión financiera y el análisis del mercado de combustibles.

2.1 Externalidades Negativas

El transporte dentro de las ciudades es una actividad en la que intervienen básicamente los dueños de vehículos, la naturaleza que recibe la contaminación del aire, al ser quemados los combustibles, y el Estado. El gobierno se encarga de proveer y mantener la infraestructura vial y normar el tráfico. Los dueños alimentan sus vehículos comprando combustibles fósiles. Al quemarse estos combustibles para transformarlos en energía motriz, se toma en forma gratuita oxígeno del aire para la mezcla de combustión adecuada. Luego también en forma gratuita se arrojan tóxicos al aire por el tubo de escape como subproductos de la combustión. El resultado es aire contaminado en las ciudades en mayor o menor grado.

En la literatura económica, el aire puro se considera un bien público y libre. Todos tienen igual derecho al aire puro⁴¹. El daño que causan al aire los dueños de vehículos afecta a todos los demás. Este daño no se valora, ni forma parte de los costos del transporte. Si los transportistas fueran obligados a tomar en cuenta el daño causado

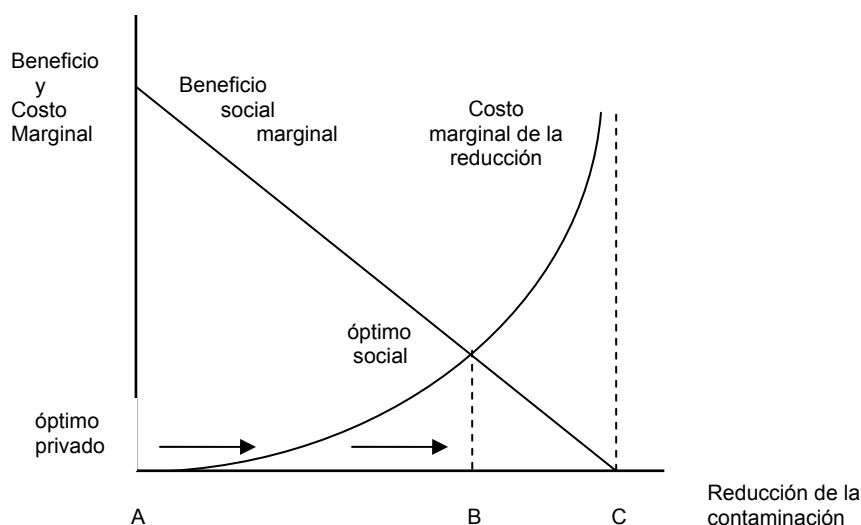
41 Alan Gilpin: Economía ambiental: un análisis crítico. Alfaomega Grupo Editor S.A., México 2003. Pags. 19-20.

al aire como un costo de transporte, ciertamente se produciría menos servicios de transporte, pero tendríamos aire más puro. Tanto el aire puro como los servicios de transporte son bienes escasos y deseados. Sin embargo, el sistema de mercado tiende naturalmente a producir más servicios de transporte y menos aire puro que el socialmente deseado. La falla del sistema, que consiste en producir contaminación es una forma de externalidad negativa⁴². Cuanto más tóxicos tenga el aire, como producto de la contaminación, se obtendrá mayor cantidad de este tipo de externalidad negativa y más trabajo requerirá su limpieza. Como el aire es un recurso no apropiable y pertenece a toda la población, el Estado debe encargarse de la reducción del daño causado al aire por el transporte urbano. Las políticas de limpieza del aire administradas en forma eficiente y adecuada pueden reducir la contaminación y sus consecuencias, como son los diversos tipos de morbilidad y hasta las muertes prematuras. Sin embargo, dadas las instituciones y el estado de la tecnología, no es todavía una tarea fácil.

El mercado no permite asignar los costos de las externalidades a las unidades que lo producen. No está claramente definido si los peatones tienen derecho a respirar aire puro o los dueños de vehículos tienen derechos para contaminar el aire. Por consiguiente, los niveles óptimos de provisión de servicios de transporte son mayores que lo deseable desde el punto de vista social, bajo cualquier régimen de competencia. Una forma de acercarse al óptimo social disminuyendo la contaminación, es reduciendo la provisión del servicio de transporte. El Gráfico 2.1 ilustra este camino en términos teóricos a partir del óptimo privado.

42 Se denomina externalidad porque los productores no lo consideran en sus costos y se llama negativa porque tiene efectos negativos en la propiedad y salud de los demás. Sir Nicholas Stern, ex economista en jefe del Banco Mundial, define esta falla del mercado no solo en términos de los efectos inmediatos (contaminación), sino también en términos de sus efectos acumulados a largo plazo sobre el clima (cambio climático). Ver "Climate non conformity" del 28-11-06 en (<<http://www.opinionjournal.com/editorial/feature.html?id=110009181>>). El cambio climático, a su vez, puede afectar todas las actividades económicas.

Gráfico 2.1
**BENEFICIO SOCIAL Y COSTO MARGINAL
 DE LA REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN**



Las medidas de mando y control encaminadas a reducir la contaminación son las que se encargan de pasar del punto A, el óptimo privado, al punto B, el óptimo social. Sin tener en cuenta el costo de la regulación, estas medidas obligan a los dueños de vehículos incurrir en costos adicionales, cada vez mayores⁴³. Estos costos pueden consistir simplemente en circular menos y consecuentemente dejar de prestar servicios y de percibir beneficios. También es posible que los dueños incurran en costos explícitos como son costos del mantenimiento del vehículo, cambio de piezas y partes, reparación del motor y otros. Estos últimos permiten reducir en parte la contaminación sin dejar de circular.

Así mismo, pasar del punto A al punto B implica también una reducción del beneficio marginal social. Cuanto más se reduce la contaminación, se obtendrá más beneficio social, pero a una tasa decreciente. El beneficio marginal decreciente implica que el daño marginal externo que producen los vehículos va disminuyendo (menos externalidad negativa). Por otro lado, el óptimo social no implica alcanzar la reducción total de la contaminación en el punto C. Esta alternativa elevaría el costo privado por encima del beneficio social y llevaría a la paralización casi total del transporte en la ciudad. El óptimo social implica tolerar la cantidad B-C de contaminación, porque tanto el transporte como el aire puro son bienes escasos y deseados.

43 Alan Gilpin. Op. Cit. Pag. 174.

La política de limpieza puede emplear varios tipos de instrumentos para reducir la contaminación del aire⁴⁴ y destacan entre ellos: a) los instrumentos de mando y control, b) los instrumentos orientados al mercado, c) la política de educación y difusión de información ambiental y d) las medidas de promoción financiera. Las medidas de mando y control son regulaciones directas mediante las cuales se ordena a las empresas reducir las emisiones en una cantidad determinada en el lapso de un tiempo dado. El gobierno puede sugerir estándares de diseño para tecnologías limpias o simplemente anuncia estándares de performance que establecen la máxima cantidad de contaminación que las empresas pueden emitir. Los instrumentos de mercado a su vez están constituidos básicamente por los impuestos a la contaminación y los permisos de emisión negociables. En la literatura estos dos instrumentos permiten a los dueños de vehículos entender el valor del aire puro y, en el caso de permisos negociables, minimizan el costo de lograr cierto nivel de reducción. La información ambiental sensibiliza a la población y crea presión social para reducir la contaminación. Por consiguiente, las políticas de educación ambiental pueden reducir la contaminación, pero a mediano y largo plazo. Finalmente, se puede usar el financiamiento para reducir las emisiones. Subvenciones, crédito blando e incentivos fiscales pueden emplearse para comprar vehículos menos contaminantes y para financiar la conversión a gas de los existentes. Estas medidas pueden considerarse también instrumentos orientados al mercado porque emplean impuestos y subsidios. Los objetivos de las políticas de limpieza son reducir la contaminación, cumplir con los estándares vigentes exigidos y lograr acercarse al óptimo social indicado por el punto B del Gráfico 2.1.

Si bien la contaminación del aire de fuentes fijas ha sido recientemente regulada con instrumentos orientados al mercado con cierto éxito⁴⁵, la contaminación de fuentes móviles ha sido regulada principalmente con medidas de mando y control. Sin embargo, estas medidas no son bien aceptadas por los dueños de vehículos porque reducen el servicio de transporte y a veces el tamaño de la flota. En efecto, las cuotas, licencias, revisiones técnicas, prohibición de la circulación, restricción del acceso a los lugares más contaminados, limitación de los permisos del ejercicio de taxis y otras ha sido siempre rechazadas e incumplidas por los dueños de vehículos, especialmente de taxis.

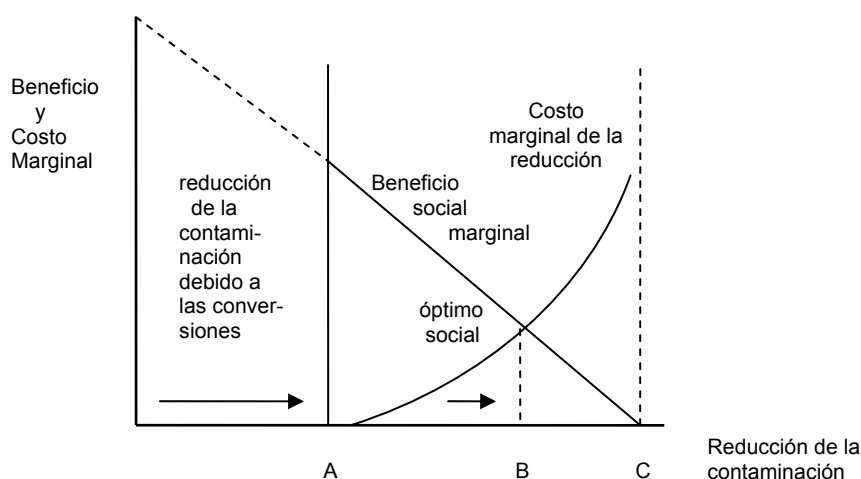
44 Los dos primeros instrumentos son tratados en Robert N. Stavins. "What can we learn from grand policy experiment? Lessons from SO2 allowance trading" *Journal of Economic Perspectives* – Volume 12, Number3 – Summer 1998 – Pag. 69-88.

45 Robert Stavins. Op. Cit.

Por otro lado, la regulación de la contaminación del aire ha incentivado la creación y difusión tecnologías más limpias en países como Japón, Europa y EE.UU. Estas tecnologías nuevas permiten alcanzar los estándares establecidos, muchas veces a un costo menor. Dentro de estas tecnologías nuevas se encuentra los convertidores catalíticos, que ahora emplean los nuevos vehículos, los combustibles ecológicos como el etanol, el diseño de nuevos motores de combustión híbrida y la modificación de los actuales motores mediante la adición de un kit de conversión⁴⁶. La conversión de vehículos gasolineros al sistema dual gasolina/GLP es una de estas nuevas tecnologías⁴⁷. Con la conversión se hace más barato acatar las medidas de reducción de la contaminación porque el GLP contamina menos que los demás combustibles fósiles. Además, en el caso de taxis, no es necesario aumentar la tarifa de transporte para el público porque la conversión es rentable a los precios actuales.

A diferencia de los cuatro instrumentos de política mencionados, la conversión reduce la contaminación sin disminuir ni el servicio ni el tamaño de la flota. Tanto el punto A y como el B del Gráfico 2.1 se trasladan a la derecha cuando se van convirtiendo los vehículos gasolineros, como podemos constatarlo en el Gráfico 2.2.

Gráfico 2.2
CONVERSIONES Y NUEVO COSTO – BENEFICIO DE LA REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN



46 Walter Nicholson. Teoría Microeconómica. 8ª Edición. Internacional Thomson Editores Spain Paraninfo S.A. Madrid 2004. Pag. 694.

47 Es importante recalcar que la tecnología GLP reduce, no elimina la contaminación. La producción de energía vehicular que no contamine el aire todavía está en la etapa de estudio. Lo que disponemos es cambios tecnológicos hacia combustibles fósiles menos contaminantes que la gasolina y el Diesel 2. También se encuentra en experimentación vehículos a electricidad e hidrógeno.

En relación al gráfico anterior, tanto el punto A como el punto B se han desplazado a la derecha en este gráfico. En otras palabras, con las conversiones se ha avanzado en la reducción de la contaminación sin costo alguno. Sin embargo, existe un límite para esta reducción: el GLP emite algunos contaminantes y las conversiones no se aplican a vehículos petroleros.

En el nuevo punto A, el beneficio social marginal es menor que antes porque las conversiones han aumentado el beneficio social, quedando marginalmente menos beneficio por aumentar. A partir del nuevo punto A, las medidas de control de la contaminación tendrán un costo marginal creciente. En cierto sentido, pasar ahora del punto A, el óptimo privado, al punto B, el óptimo social, requiere menos regulación porque la distancia A-B es menor que antes.

Los instrumentos de mando y control que permiten llegar al óptimo social, el punto B, se consideran medidas sustitutas y complementarias a las conversiones. Son sustitutas porque una determinada reducción se puede llevar a cabo con instrumentos de mando y control, o con conversiones. Son complementarias porque las conversiones no son suficientes para llegar al óptimo social. La estrategia adoptada por este estudio es incentivar las conversiones hasta donde sea posible y luego aplicar instrumentos de mando y control para acercarse al óptimo social.

Sin embargo, es necesario minimizar el conflicto social que genera la aplicación de instrumentos de mando y control. Una forma podría ser restringir el acceso al centro de la ciudad solamente a los vehículos que más contaminan. Esta norma tiene su costo que consiste en revisar las emisiones de todos los vehículos. En cuanto a las revisiones técnicas, su aplicación también es costosa para el dueño del vehículo. Por consiguiente, se hace necesario diseñar medidas de apoyo financiero a los dueños de vehículos, de tal manera que puedan dar mantenimiento frecuente a sus vehículos y afrontar las reparaciones cuando sean necesarias. Muchos dueños de vehículos, especialmente taxis, han descuidado el mantenimiento de sus vehículos en parte por motivos económicos y en parte también por costumbre. Descuidar el mantenimiento de los activos es una costumbre no muy racional⁴⁸. Es verdad que la participación de la población puede en teoría despertar la conciencia del daño social⁴⁹ y presionar por

48 En nuestra cultura parece existir poca previsión del futuro. Se adquieren activos, pero se descuida su mantenimiento de tal manera que la vida útil de las inversiones se abrevia. Esta costumbre hace menos rentable los proyectos de inversión.

49 Daniela Sismondi. Op. Cit. Pag. 67.

el cambio de comportamiento y el avance hacia el óptimo social, pero Trujillo no dispone de una sólida tradición de participación ciudadana. Es necesario crearla.

Frente a esta disyuntiva, las conversiones reducen la contaminación sin crear conflicto social. Más aún, como veremos luego, el proceso de convertir un vehículo gasolinero al sistema dual es una inversión rentable porque genera beneficios futuros mayores al gasto inicial. De hecho, el motivador más importante de la conversión es su rentabilidad basada en los beneficios futuros que se obtienen de usar un combustible más barato que la gasolina.

Sin embargo, es posible que la conversión sea motivada no sólo por su rentabilidad, sino también por el deseo de contaminar menos el aire. Si los dueños de los vehículos gasolineros son conscientes del daño ambiental que causan, esta reflexión puede constituirse en un motivo adicional, que los induzca a tomar la decisión de conversión. En los países avanzados, el ciudadano con responsabilidad social tiene conciencia del problema ambiental y está empezando a comportarse como productor y consumidor ecológico⁵⁰. En este entorno, el público mismo tiene poder para influir en las decisiones de los dueños de vehículos. Por ejemplo, un consumidor ecológico preferirá usar taxis convertidos, siempre y cuando pueda identificarlos. Así mismo, un taxista ecológico tendrá un motivo adicional para convertir su vehículo al sistema dual.

En resumen, los dueños de vehículos no toman en cuenta el daño que genera las emisiones tóxicas del transporte aumentando cada vez más la contaminación. La reducción de la contaminación del aire se puede obtener con medidas de control y mando y/o con un cambio tecnológico específico como la conversión de vehículos al sistema dual. El principal motivador de la conversión es su propia rentabilidad, pero muchas personas están tomando conciencia del problema del aire de las ciudades. Esta nueva actitud puede reforzar la decisión de conversión entre los dueños de vehículos gasolineros.

Desde el punto de vista privado, la conversión exige una inversión inicial, pero ofrece incentivos económicos para realizarla. La teoría de la inversión y la incertidumbre constituye también un legítimo marco de referencia para este estudio.

50 Elena Fraj y Eva Martínez. Comportamiento Ecológico de los Consumidores. Esic Editorial, Madrid 2002.

2.2 Inversión en Conversión

La teoría de la inversión permite explicar el comportamiento de los dueños que convierten sus vehículos. Esta teoría es pertinente porque la conversión de vehículos al sistema dual es una inversión. Los conceptos importantes de esta teoría son costos, beneficios, rentabilidad, incertidumbre y riesgo. La información imperfecta que tenemos del futuro crea incertidumbre en el presente. Los estadísticos han cuantificado la incertidumbre, aplicando probabilidades en forma subjetiva u objetiva a los inciertos sucesos del futuro.

La teoría establece que un gasto de inversión se llevará a cabo si los rendimientos futuros traídos al presente exceden al desembolso inicial. La inversión en el proceso de conversión de vehículos gasolineros a duales es el gasto inicial. El proceso será rentable si sus ingresos futuros, bajo la forma de ahorro en el gasto de combustible y otros, son mayores que la inversión inicial. Esta comparación requiere traer los inciertos beneficios futuros al presente usando una tasa de descuento apropiada. La tasa que se empleará es la tasa de interés del mercado de préstamos para taxistas.

En el proceso de conversión, la inversión inicial en conversión asciende a S/. 2.000 soles⁵¹. Si a esta cantidad agregamos posibles reparaciones previas que requiera el vehículo por un monto promedio de S/. 500 soles y los gastos en trámites de certificación y cambio de tarjeta de propiedad por otros S/. 500 soles. La inversión completa podría llegar a la cifra de S/. 3.000 soles. Ahora bien, el ahorro anual en combustible⁵² para un taxista, que emplea cinco galones de combustible diarios, asciende a S/. 4.800 soles, a los precios actuales. Y el dueño de un vehículo particular, que usa dos galones diarios, ahorra al año solamente S/. 1.920 soles. A estas cantidades hay que restarle la depreciación anual del equipo instalado de S/. 250 soles⁵³. Así mismo, se descuenta S/. 300 soles anuales por concepto de mantenimiento del kit instalado. Este gasto garantiza la duración del equipo y certifica el ahorro en combustible estimado. De esta manera los beneficios netos anuales serían S/. 4.250 soles (4.800 - 250 - 300) por 8 años para taxistas y S/. 1.370 (1.920 - 250 - 300) para particulares. El Cuadro 2.1 presenta estos cálculos junto al valor presente de los beneficios.

51 Equivalente a \$ 600 al tipo de cambio vigente. Esta cantidad es el costo de un kit de conversión de calidad con mano de obra también de calidad.

52 El ahorro anual en combustible es el beneficio de corto plazo. No se ha considerado la mayor duración del motor ni el menor gasto en limpieza y lubricantes. Estos ahorros de largo plazo harían mucho más rentable la inversión.

53 Se ha supuesto en forma razonable que el kit de conversión dura ocho años y luego su valor residual es cero.

CUADRO 2.1
**COSTO, BENEFICIOS Y VALOR PRESENTE DE LA CONVERSIÓN
AL SISTEMA DUAL**

Costo o Inversión Inicial en soles		Beneficio Anual por ocho años en soles		
Rubros:		Rubros:	Taxista	Particular
Conversión, S/.	2.000	Ahorro en combustible, S/.	4.800	1.920
Reparación, S/.	500	Depreciación, S/.	250	250
Trámites, S/.	500	Mantenimiento, S/.	350	300
TOTAL, S/.	3.000	Anualidad (A) , S/.	4.250	1.370
Tasa anual	i= 60%	Valor Presente (VP)*	S/. 11.168	S/. 3.600
Duración	n= 8 años			

* Fórmula $VP = \sum A / (1 + 0.60)^i$

Fuente: Elaboración del autor en base as datos técnicos proveídos por los talleres de conversión.

En efecto, los beneficios anuales de ambos grupos son trasladados al presente usando una tasa de interés del 60%⁵⁴ y se obtiene los valores presentes de S/. 11.168 soles para taxistas y S/. 3.600 para particulares⁵⁵. Estas cantidades son mayores que los S/. 3.000 soles de inversión inicial.

Se supone que los beneficios netos anuales de S/. 4.250 soles para taxistas y S/. 1.370 soles para particulares son cifras promedio. Su variación depende de las circunstancias de cada dueño del vehículo. A más variación en los beneficios netos anuales, menos deseos de invertir experimentarán los dueños de vehículos⁵⁶. Los dueños de vehículos particulares serán los más sensibles a los cambios en beneficios porque su valor presente de S/. 3.600 es ligeramente superior a los S/. 3.000 soles de inversión inicial. Por otro lado, el valor presente de los beneficios de los taxistas es S/. 11.168 soles muy superior al monto de la inversión inicial. Aún, si sus beneficios se reducen en 10%, 20% o 30%, la inversión para taxistas sigue siendo rentable.

Un factor que podría reducir los beneficios es el cambio relativo en los precios de los combustibles, de tal forma que el precio del GLP se acerque al de la gasolina. Este

54 La líneas de crédito tienen un costo variable según el riesgo que presenta el prestatario. Para taxistas la tasa de interés puede llegar hasta el 4% mensual con una acumulación anual del 60%.

55 La fórmula financiera empleada es el valor presente de una anualidad por 8 años. $VP = A * \sum 1 / (1+0.60)^i$, donde A es la anualidad e i representa los años, que varían de 1 a 8. El valor de esta fórmula se encuentra resolviendo la progresión $[K (n+1) - 1] / [K (n+1) - K n]$ donde $K = (1+0.60)$ y $n = 8$. Ver Samuelson y Nordhaus. Economía. XVIII Edit. McGraw-Hill / Interamericana Editores S.A. México 2006. Pag.263.

56 La mayoría de personas es adversa al riesgo. Ver Jeffrey M. Perloff. Microeconomía. 3ª Edición. Pearson Education S.A. Madrid, 2004. Cap.17.

tema se analizará en la siguiente sección relacionada con el mercado de combustibles.

Conviene indicar que un taxista, que decide pedir un préstamo, puede pagar gran parte de los S/. 3.000 soles con el ahorro en combustibles de sólo un año. En efecto, el ahorro de S/. 4.250 soles, acumulado en el primer año y descontado a una tasa de 60%, valdría en el presente S/. 2.656 soles. Sin embargo, el dueño de un vehículo particular no puede pagar el préstamo en un año sólo con el ahorro que obtiene del uso del GLP en lugar de gasolina. Si desea pagar el préstamo rápidamente tiene que hacer uso de ingresos, que no provengan de la posesión y uso de su vehículo.

En definitiva, el principal motivador de la conversión de vehículos al sistema dual es el ahorro en el gasto en combustible. Sin embargo, existen aspectos del proceso que pueden retardar la conversión. Uno de ellos es la asimetría de la información⁵⁷ que poseen las personas que intervienen en la inversión. El que desea convertir su vehículo tiene que optar por un determinado taller. Cada taller emplea kits de conversión de una determinada marca y dispone de una mano de obra con cierta calificación. El taller conoce mejor de sus equipos y mano de obra que el dueño que desea convertir su vehículo. La falta de conocimiento de los talleres de conversión y de la tecnología que emplean puede restringir las conversiones.

El conocimiento técnico del GLP comprende su naturaleza, su operación a través del kit de conversión, sus efectos en el performance del vehículo, el precio de la conversión, los diferentes kits de conversión disponibles y los talleres locales con sus respectivas garantías. Es un hecho que los talleres de conversión y los dueños de vehículos ya convertidos conocen mejor el proceso. Pero, existen conversiones mal hechas, que no logran alcanzar los objetivos propuestos y crean confusión entre los dueños, que desean convertir sus vehículos. Esta deficiencia puede aliviarse con políticas de difusión de la tecnología GLP, con la presentación de los diferentes kits disponibles y su calidad, y con la certificación de los talleres que prestan un servicio de calidad a la comunidad. Las instituciones locales y la ciudadanía organizada juegan un rol importante en cubrir esta brecha de conocimiento.

57 Jeffrey M. Perloff. Microeconomía. 3ª Edición. Pearson Education S.A. Madrid, 2004. Cap.19.

Esta falta de conocimiento no sólo crea incertidumbre, sino también fomenta dudas, como el temor de que el vehículo a GLP explote⁵⁸, y el miedo a quedarse en algún momento sin gas y sin grifos cerca. Estos temores también pueden impedir las conversiones de vehículos al sistema dual.

Aún si el dueño de un vehículo gasolinero conoce perfectamente la tecnología dual y no posee ningún tipo de temor, su conversión puede estar restringida por falta de liquidez. Es verdad que existe un sistema financiero de apoyo a las inversiones, pero el dueño del vehículo puede estar impedido de usarlo por diversos motivos. La falta de acceso al crédito impide las conversiones. Esto quiere decir que no sólo la rentabilidad⁵⁹, el conocimiento de la tecnología dual y los temores asociados al uso del GLP influyen en la decisión de conversión, sino también el acceso a fuentes de financiamiento. En un sentido amplio, la falta de ahorros propios acumulados y los requisitos exigidos para acceder al crédito formal impiden a los dueños de vehículos aprovechar las ventajas económicas que ofrece la tecnología GLP⁶⁰.

En resumen, la falta de conocimiento, los temores sobre la seguridad del sistema GLP y sobre su abastecimiento oportuno y la restricción financiera mencionada pueden desanimar la decisión de conversión, aunque la operación en sí sea rentable. Esto significa que la rentabilidad no es suficiente para explicar la conversión de vehículos al sistema dual, como veremos en detalle al tratar el tema de los modelos de conversión.

Una vez realizada la inversión, viene el periodo de recuperación del capital y del ahorro subsiguiente. El ahorro de este periodo depende de cuánto se gasta en GLP y cuánto se gastaría en gasolina si no se hubiera convertido. El análisis de los precios de mercado de los combustibles permite prever mejor los gastos y ahorros futuros.

2.3 El Mercado de Combustibles

La teoría microeconómica establece que cualquier agente económico enfrenta el mercado de los bienes y servicios que oferta y el mercado de los insumos que

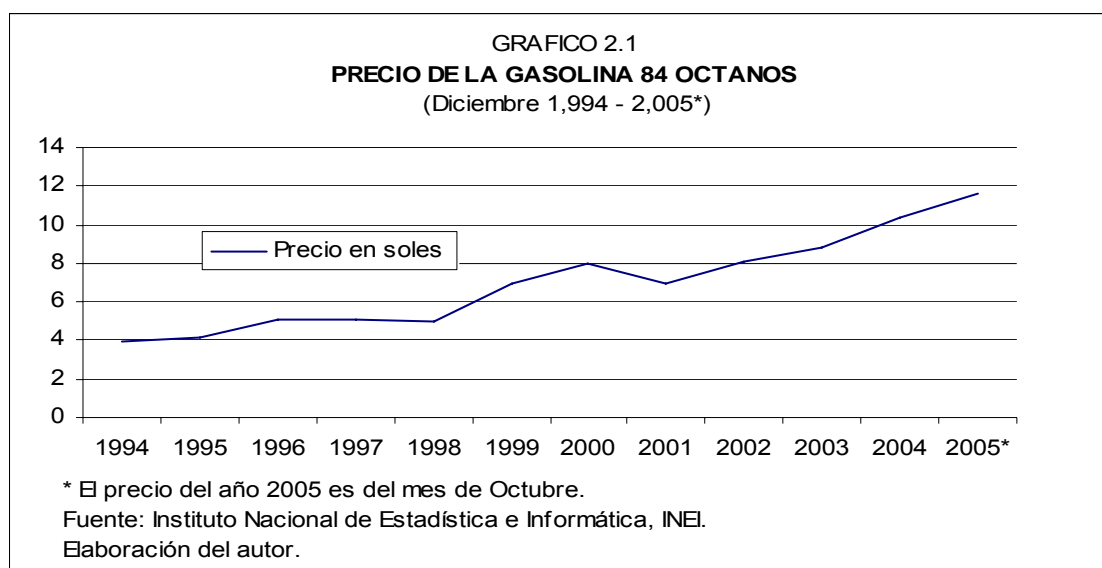
58 Cuando un taxi convertido se incendia por defectos en la conversión o el mantenimiento, las personas se vuelven más reuentes a solicitar los servicios de taxis duales por temor.

59 A estos factores podría agregarse que la decisión de conversión no es inmediata al conocimiento de su rentabilidad porque el hombre es un animal de costumbres y le toma tiempo cambiarlas.

60 Algunos dueños no disponen de los requisitos necesarios para poder acceder a un préstamo, pero también existe entre los dueños calificados para obtener préstamos cierto rechazo a usar el crédito formal.

demanda. En el caso de la conversión a GLP, el mercado de combustibles, principal insumo de los vehículos, resulta importante para recuperar la inversión. Analizar la dinámica de ese mercado permite evaluar si el flujo de ingresos futuros podrá compensar la inversión inicial. En cualquier mercado el precio sube por contracción de la oferta y/o aumento de la demanda.

Como se observa en el Grafico 2.1, el precio de la gasolina 84 octanos se ha triplicado desde fines de 1994 hasta fines de 2005.



El crecimiento de la flota vehicular y la industrialización a nivel mundial ha expandido la demanda de algunos derivados de petróleo como las gasolinas de diferente octanaje y el Diesel 2. Como resultado de esta expansión y frente a un exiguo aumento de la oferta, los precios de las gasolinas y el Diesel 2 han subido, como lo atestigua el precio de la gasolina 84 octanos. Así mismo, por el lado de la oferta no ha habido descubrimientos de yacimientos petroleros significativos en los últimos años. Estas consideraciones unidas al aumento reciente de la demanda de combustibles de la República Popular China y de la India⁶¹ explican mejor el alza observada en la gasolina 84 octanos⁶².

El Perú ha ido aplicando medidas para suavizar la volatilidad de esta tendencia al alza. Por otro lado, los acontecimientos relacionados con la oferta hacen suponer que el precio de los combustibles no va a descender a los niveles de las décadas de los

61 BCRP, 2006: "Medidas del gobierno para estabilizar los precios de los combustibles". Moneda 132, p. 30.

62 Esta gasolina es la que mayormente usan los taxis y algunos vehículos particulares gasolineros. Y es el alza del precio de esta gasolina, el que los induce a optar por la conversión.

80's y 90's. Los conflictos en Medio Oriente pueden impulsar el alza del precio del barril del petróleo y la política conciliadora entre Oriente y Occidente puede reducir un poco los precios. Pero es muy difícil recuperar los niveles de precios de las década de los 80's, porque la gradual alza de los precios está reflejando también la relativa escasez de todos los combustibles fósiles. Es muy probable que la producción actual de combustibles derivados del petróleo sea la máxima alcanzable y dentro de algunos años la oferta empiece a contraerse⁶³. La contracción de la oferta de combustibles durará hasta que la energía usada en la extracción sea mayor que la energía extraída⁶⁴. En el periodo de contracción el alza del precio de los combustibles es inevitable.

El alza del precio de los combustibles genera problemas micro y macroeconómicos, pero también incentiva la investigación. Al tomar conciencia de las limitaciones de las reservas de petróleo, se incrementan las investigaciones en energías alternativas como las generadas por el sol, el viento, la electricidad o el hidrógeno. Así mismo, en el mercado de combustibles vehiculares, el alto precio de las gasolinas y el Diesel 2, aumenta la demanda de combustibles sustitutos más baratos como el GLP, GNC, etanol, electricidad híbrida y otros combustibles alternativos. Específicamente, en el Perú los combustibles alternativos viables son el GLP, GNC y el etanol. En lugares donde se requiera mucho tiempo para tender gasoductos, como es el caso de las ciudades fuera de Lima, el GLP se convierte en la opción rápida de implementar, pero restringida a los vehículos gasolineros.

El galón de GLP cuesta actualmente 40% menos que el galón de gasolina de 84 octanos. Al parecer esta relación tiende a mantenerse en el futuro cercano porque Camisea está aumentando la oferta de GLP. En efecto, Camisea procesa también algunos productos líquidos como el GLP. La oferta nacional actual de GLP es mayor que la demanda nacional. Por otro lado, el Gobierno está impulsando en Lima la conversión al gas natural de Camisea. La mayor disposición del gas de Camisea para los hogares, fábricas y vehículos en Lima tiende a disminuir la demanda de GLP a nivel nacional, al mismo tiempo que las conversiones fuera de Lima la aumentan. A nivel global, sucede lo mismo. Existe en muchos países mayor entusiasmo por el GNC y el etanol que por el GLP. Estos hechos inducen a pensar que la demanda

63 Algunos analistas creen que la reducción de la oferta de petróleo empezará dentro de 1 ó 2 años; otros creen que recién en el año 2050 se contraerá la producción de combustibles y el descenso puede durar hasta el año 2100.

64 No se puede saber de antemano cuando se dejará de extraer petróleo o gas. Es probable que el petróleo se acabe antes que el gas natural. En la última década se ha encontrado reservas considerables de gas en el mundo. Por consiguiente es posible que los combustibles asociados al gas natural suban de precio más lentamente que los derivados del petróleo.

mundial no se va a alterar por las conversiones a GLP hechas en el Perú. Por consiguiente, es muy probable que en el mediano plazo se mantenga el precio del GLP en un 60% del precio de la gasolina 84 octanos, aún si el Perú llega a importar de nuevo GLP⁶⁵.

En resumen, es muy probable que en el mediano plazo la relación entre el precio del GLP y los precios de las diversas gasolinas se mantenga estable porque el GLP tiene sustitutos con demanda creciente (GNC, etanol). Por otro lado, el ahorro que se obtiene de usar GLP en lugar de gasolina garantiza la recuperación del capital invertido en conversión. Por estos motivos, la rentabilidad de la conversión está asegurada en el corto y mediano plazo.

65 En un escenario pesimista de reducción de la producción de GLP en Talara y aumento de la demanda nacional por encima de lo que produce Camisea, el precio del GLP aumentaría en relación a las gasolina 84 octanos. Frente a este panorama, es posible que el Gobierno establezca un fondo de compensación para mantener bajo el precio del GLP por la inversión ya realizada. Sin embargo, aun sin compensación no es muy probable que el precio del GLP iguale al de la gasolina 84 octanos porque el GLP no despierta mucho entusiasmo en el mundo.

CAPÍTULO 3

VARIABLES, MUESTRA Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

En esta parte abordaremos en detalle los temas de las variables usadas, el tamaño de la muestra y los análisis efectuados a los resultados de la encuesta, que junto con el marco teórico permitieron construir los modelos de conversión.

3.1 Variables usadas y fuentes de información

El marco teórico analizado en el capítulo anterior ha permitido determinar las variables que explican la conversión de vehículos al sistema dual. Estas variables denominadas *determinantes* de la decisión de conversión son: el ahorro en combustible, el conocimiento de la tecnología GLP, el temor por la seguridad de los vehículos convertidos, el temor de no encontrar surtidores de GLP, el acceso al crédito y el deseo de contaminar menos. Estas variables y otras de carácter socio-económico guiaron el diseño, recolección de datos y análisis de la encuesta y luego la construcción de los tres modelos de conversión a GLP.

En otras palabras, la cantidad de conversiones⁶⁶ en un momento del tiempo es el resultado transversal del valor que toman las variables determinantes. Los determinantes postulados se obtuvieron de las preguntas 2 y 13 – 17. El Cuadro 3.1 presenta información detallada de los determinantes postulados.

⁶⁶ La conversión requiere la compra e instalación de un tanque de GLP y el kit de conversión que consta de vaporizador, cañería, válvulas y otros accesorios.

CUADRO 3.1
VARIABLES POSTULADAS: MEDICIÓN, RANGO Y SIGNIFICADO

Variable	Medición		Rango	Significado	n° de pregunta
	Tipo	Escala			
Ahorro en combustible	Cuantitativa	Proporción	0 - 100	porcentaje %	13
Conocimiento de la tecnología	Cualitativa	Ordinal (Escala Likert)	0 - 3	"nada", "muy poco", "poco", "bastante"	14
Temor por la seguridad	Cualitativa	Ordinal (Escala Likert)	0 - 3	"nada", "muy poco", "poco", "bastante"	15
Temor de no encontrar grifo	Cualitativa	Ordinal (Escala Likert)	0 - 3	"nada", "muy poco", "poco", "bastante"	17
Acceso al crédito	Cualitativa	Nominal (Dicótoma)	1, 0	"SÍ", "NO"	16
Menor contaminación	Cualitativa	Nominal (Dicótoma)	1, 0	"SÍ", "NO"	2

Fuente: Elaboración del autor en base a la Encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

En la encuesta el ahorro en combustible fue contestado en porcentajes. El conocimiento y los temores fueron obtenidos presentando la siguiente escala ordinal "nada", "muy poco", "poco" y "bastante". Esta escala se convirtió en dual asignando el valor de "0" a "nada" y "muy poco", y el valor de "1" a "poco" y "bastante"⁶⁷. El acceso al crédito se respondió en forma dual "SÍ" y "NO". Con respecto a la menor contaminación como motivo de conversión, la pregunta 2 presenta como alternativas los determinantes postulados, incluyendo la menor contaminación del GLP, para que el encuestado priorice.

Como se puede apreciar en el Anexo A, la encuesta empieza dirigiéndose exclusivamente a dueños de vehículos duales (Preguntas 2–6), luego a los de vehículos gasolineros (Preguntas 7-9)⁶⁸. En la tercera parte (Preguntas 10-17 y A-H) se dirige a todos los dueños de vehículos. En esta parte se colocaron preguntas sobre los determinantes postulados (Preguntas 13-17), sobre características socio-económicas de los dueños (Preguntas A-H) y sobre algunos detalles como financiamiento, gastos, antigüedad del vehículo, mantenimiento, horas de trabajo y contaminación (Preguntas 10-12). El Cuadro 3.2 presenta la información sobre otros posibles determinantes como la antigüedad, el sexo, la edad, los estudios realizados, el ingreso, el número de integrantes del hogar y el número de hijos pequeños (Preguntas A-H y 10-12).

67 Para estas variables las distancias entre categorías son ordinales y no pueden cuantificarse. Por consiguiente, no es posible usarlas en su forma original. El corte dicotómico aplicado obedece al umbral de cambio en la respuestas una vez cruzadas con la condición de gasolinero y dual.

68 La pregunta 1 versa sobre tipo de vehículo y combustible usado. Luego de las preguntas 2-6 es exclusivamente para los dueños de vehículos duales. A continuación, las preguntas 7-9 se dirigen a los vehículos gasolineros.

CUADRO 3.2
VARIABLES ADICIONALES: MEDICIÓN, RANGO Y SIGNIFICADO

Variable	Medición		Rango	Significado	N° de pregunta
	Tipo	Escala			
Año de fabricación del vehículo	Cuantitativa	Proporción	1950-2005	antigüedad	10
Sexo	Cualitativa	Nominal (Dicótoma)	1, 0	"SÍ", "NO"	a
Edad	Cuantitativa	Proporción	20 - 80	años	a
Estudios	Cualitativa	Nominal	1 - 4	"primaria", "secundaria", "técnica", "superior"	b
Ingreso	Cuantitativa	Proporción	7 clases	<500,500-1000,1000-1500,...	d
N° de personas del hogar	Cuantitativa	Proporción	1 - 20	integrantes del hogar	f
N° de hijos <18	Cuantitativa	Proporción	0 - 20	hijos pequeños	g

Fuente: Elaboración del autor en base a la Encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

De estas variables adicionales solamente resultaron ser significativas: a) el año de fabricación del vehículo, b) la edad del dueño, c) su ingreso y d) el número de hijos menores de 18 años, que tiene. Estos cuatro determinantes adicionales no fueron postulados explícitamente⁶⁹.

Además de los resultados de la encuesta, se hizo uso de información histórica sobre flota vehicular, población, precio de combustibles y contaminantes vehiculares. En el capítulo 1 figura las instituciones fuentes y responsables de esta información. Esta información permitió definir el contexto social, económico y ambiental de este estudio. La información sobre el parque automotor se obtuvo de la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de La Libertad. Los datos poblacionales y de alza de combustibles provinieron del Instituto de Estadística e Informática, INEI.

3.2 Tamaño de muestra y técnicas de recopilación de datos

Según el Cuadro 1.2 analizado en el capítulo 1, la población de automóviles y camionetas no rurales existentes en la Provincia de Trujillo es de 27.806.

⁶⁹ Se postuló las variables del marco teórico como determinantes principales de la conversión, pero se dejó la posibilidad de encontrar otros determinantes secundarios.

Excluyendo⁷⁰ de esta cifra los vehículos petroleros y las flotas obtenemos la población objetivo de 7.808 vehículos, reportados en el Cuadro 1.3. En base a estimados obtenidos de la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de La Libertad, DTC-LL, y del Servicio de Administración Tributaria de Trujillo del Concejo Provincial, CPT-SATT, los 7.808 vehículos se estratifican por clase de vehículo y combustible usado, según lo presenta el Cuadro 3.3.

CUADRO 3.3
ESTRATIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN OBJETIVO

Combustible usado	Duales y GLP sólo	Gasolina	TOTAL
Clase de vehículo			
Automóviles	337	4.291	4.628
Camionetas Station Wagon	93	1.348	1.441
Camionetas Pickup	217	1.417	1.634
Camionetas Panel	7	98	105
TOTAL	654	7.154	7.808

Fuente: Elaboración del autor en base a los porcentajes de últimos vehículos registrados en la DRTC-LL. Estos porcentajes se aplicaron a todo el parque automotor de la muestra.

Los duales y los vehículos exclusivos a GLP se han unido en una sola categoría de convertidos porque el número de vehículos importados a GLP es mínimo. En el cuadro los convertidos suman 654. Esto implica que la mayor parte de los 2.000 convertidos pertenecen a los dueños de flotas de vehículos. Se considera flota cuando un dueño posee más de un vehículo.

Para fines de muestreo, se planificó encuestar en forma aleatoria a 540 dueños⁷¹, es decir, el 7% de los 7,808 vehículos que constituye la población. Se entregaron 54 encuestas a cada uno de los 10 encuestadores entrenados. De cada estrato, cada encuestador podía entrevistar su cuota correspondiente con cierta flexibilidad. Se lograron recolectar 509 encuestas válidamente llenadas. La muestra recolectada por estratos y su relación porcentual con la población por combustible usado y clase de vehículo se presenta en el Cuadro 3.4.

70 Para descontar los vehículos petroleros y los dueños de flotas se hizo uso de la información de los 8.481 vehículos inscritos a partir de 1999. De estos vehículos recientemente inscritos, el 54% pertenecen a dueños de un solo vehículo y el 52% a dueños de vehículos no petroleros.

71 Esta cantidad es producto de una fórmula, que toma en cuenta la precisión deseada para la predicción, como se indicará luego.

CUADRO 3.4
MUESTRA Y PORCENTAJE DE LA POBLACIÓN OBJETIVO

Combustible usado	Duales y GLP sólo		Gasolina sólo		TOTAL	
	tamaño	%	tamaño	%	tamaño	%
Automóviles	35	0.10	309	0.07	344	0.07
Camionetas Station Wagon	36	0.39	85	0.06	121	0.08
Camionetas Pickup	9	0.04	25	0.02	34	0.02
Camionetas Panel	3	0.43	7	0.07	10	0.10
TOTAL	83	0.13	426	0.06	509	0.07

Fuente: Elaboración del autor en base a muestra de 509 y su relación porcentual con la población por combustible usado y clase de vehículo.

En algunos estratos no se respetaron las cuotas asignadas porque no se encontraron los dueños escogidos al azar y tuvieron que reemplazarse encuestando a dueños de vehículos encontrados en parques de estacionamiento de varios puntos de la ciudad de Trujillo. Obviamente fue más fácil entrevistar a dueños de camionetas station wagon duales porque en los últimos meses un número considerable de ellos se ha convertido a duales. Todo lo contrario sucedió con las camionetas pick up, que fueron más difíciles de ubicar. Se aumentó un poco el porcentaje de los vehículos duales para que tengan mayor representación en la muestra. De los 2.000 vehículos convertidos, solamente 654 pertenecen a dueños de un solo vehículo. Fue entonces necesario encuestar algo más que el porcentaje promedio de los dueños de vehículos duales para poder realizar con confianza las comparaciones entre gasolineros y duales y las regresiones de variable dependiente dicótoma.

El tamaño de la muestra se obtuvo de la siguiente manera. Se propuso para este estudio un error de predicción o precisión del 3%, esto es, $B = 0,03$. Los pronósticos de los modelos de probabilidad de conversión pudieron equivocarse en un máximo de 3% hacia arriba y hacia abajo de la cifra real. Bajo un nivel de significancia del 5% de la distribución normal, obtenemos un valor de $Z = 1.96$. Además, suponiendo una estimación de la desviación estándar de los errores poblacionales de $s = 0,35^{72}$, se aplicó la siguiente fórmula del tamaño de muestra: $n = (Z * s / B)^2$. Con los datos sugeridos, el tamaño de muestra resultante fue $n = 523$ dueños de vehículos. Por este motivo, se repartieron 540 encuestas, 54 a cada uno de los 10 encuestadores. Pero, como se dijo, se logró recolectar solamente 509 encuestas válidas. Más aún, el

⁷² Como se verá más adelante, esta cantidad se obtuvo del error estándar de la regresión del modelo MPL ponderado realizado previamente con las 100 encuestas piloto. Dado el reducido tamaño de esa muestra, la cifra es aproximada.

modelo Logit aceptó solamente 463 observaciones válidas. El resto fue excluido por falta de información en algunos determinantes. Con esta cantidad de observaciones válidas, la precisión del estudio se incrementó un poco llegando al 3,2%, esto es, $B = 0,032$.

Para seleccionar aleatoriamente a los encuestados se hizo uso del padrón de dueños de vehículos inscritos en la Dirección Regional de Transporte de La Libertad. Específicamente, los dueños de vehículos que formaron parte de la muestra se obtuvieron aplicando números aleatorios al padrón de la DGTC-LL. Como se dijo, no todos los dueños fueron ubicados en sus hogares y se procedió entrevistar dueños escogidos al azar en grifos, zonas de estacionamiento de taxis y oficina de registro de la DGTC-LL, para completar la muestra.

Previamente, en Mayo 2006, se había realizado una encuesta piloto aplicada a 100 dueños, escogidos estrictamente al azar. De esa encuesta se pudo obtener información para mejorar y refinar la encuesta, y para calcular el error estándar de la regresión usado en la determinación del tamaño de la muestra. Con las 100 encuestas piloto se estimó un modelo MLP ponderado con menos determinantes que el modelo definitivo. El error estándar de la regresión de este modelo fue 0,354. Esta estimación sirvió para calcular el tamaño de muestra definitiva. En la administración de la encuesta final no se entrevistó a ninguno de los 100 entrevistados en la fase piloto.

Las preguntas de la encuesta final cubrieron todas las variables proyectadas. Además, se agregaron algunas preguntas sobre indicadores socio-económicos que el sentido común indica como complementarios a los determinantes de la decisión de conversión. Algunas variables socio-económicas resultaron ser significativas en los modelos estimados y pasaron a complementar la explicación. En términos generales, los resultados tabulados y cruzados guardan coherencia con los modelos estimados. El Anexo B presenta las tabulaciones y cruces de las preguntas de la encuesta.

3.3 Tipo de análisis

Para construir los modelos se hizo uso de las técnicas de regresión de variable dependiente dicótoma y de las variables construidas en base a los resultados de la

encuesta aplicada. Cada pregunta de la encuesta ha sido tabulada en sus diversas respuestas empleando el programa Excel para el vaciado de las respuestas y luego el programa Visual Basic para el proceso de tabulación y cruces de las respuestas⁷³. Los determinantes postulados y las variables socio-económicas se han cruzado con la condición de gasolineros y duales para encontrar su incidencia en la conversión y la posible forma funcional de los determinantes. Estos cruces se hicieron con un programa desarrollado en el Visual Basic del Excel. Este programa permitió obtener los resultados de duales, gasolineros y totales de cada pregunta con sus porcentajes respectivos y también los cruces con la condición del dueño del vehículo, como se puede apreciar en el Anexo B.

Una vez analizados los determinantes y las variables socio-económicas se procedió a construir los modelos de regresión, usando el paquete EViews 4.0. Se estimó primero el modelo MLP sin ponderar que resultó ser heteroscedástico. Luego se estimó el MLP ponderado que corrigió la heteroscedasticidad⁷⁴. La naturaleza lineal de estos modelos obligó a estimar un tercer modelo, el Logit. Este modelo es no lineal y se adapta mejor al cambio en las probabilidades de conversión inducido por los cambios en los determinantes. Con los resultados de la regresión del modelo Logit se procedió a predecir diferentes escenarios de políticas de limpieza del aire en Trujillo.

Los escenarios se obtuvieron cambiando el valor de los determinantes. En todos los modelos estimados, las variables “edad del dueño” y “año de fabricación del vehículo” tienen una influencia no lineal en la conversión y su introducción mejora el ajuste de los modelos. Para reflejar la incidencia no lineal de estas dos variables se optó por usar polinomios de segundo grado. Esto significa introducir ambas variables dos veces: la primera a la potencia de uno y la segunda al cuadrado. Los dos polinomios de segundo grado introducidos constituyen los únicos determinantes cuantitativos de los modelos. La influencia no lineal de las dos variables mencionadas se encuentra corroborada con el análisis de la encuesta. Al cruzar ambas variables con la condición de gasolinero o dual se observa claramente dos umbrales (Cuadros B.10 y B.17, Anexo B).

73 Para fines de convalidación se cruzaron algunas preguntas entre sí y se ha encontrado coherencia en las respuestas emitidas.

74 La estimación de los modelos MLP y la corrección por heteroscedasticidad se encuentran desarrollados en el Anexo C.

El programa Maple VII permitió visualizar la forma que adopta el modelo logit cuando se hace variar los dos determinantes cuantitativos: EDAD y FABRIC, esto es, edad del dueño y año de fabricación del vehículo⁷⁵.

En resumen, los determinantes son todos dicótomos menos la edad de dueño y año de fabricación del vehículo. Los regresores de escala ordinal como son el conocimiento y los dos tipos de temores se han convertido en variables dicótomas usando la mitad de la escala cualitativa como umbral de cambio⁷⁶. En general, la encuesta es de carácter transversal porque se hizo en el Mes de Junio 2006 a una muestra representativa de los dueños de un solo vehículo. Se aplicó la encuesta en promedio a 7% de los dueños de vehículos. Pero se incrementó este porcentaje a los vehículos convertidos hasta un promedio de 13%, quedando los gasolineros representados por 6% de su población.

Las escalas para las preguntas de actitudes fueron: “nada”, “muy poco”, “poco o algo” y “bastante o mucho”. Las escalas para las ventajas, desventajas y razones de cambio fueron priorizadas de 1 a 3⁷⁷. Los datos fueron estrictamente confidenciales y anónimos.

75 Como se verá después, el gráfico de Maple VII asume que las demás variables, todas dicótomas, adoptan el valor base de cero.

76 Como ya se comentó, los regresores de escala ordinal no podían ingresarse en los modelos en su forma original, porque la distancia matemática entre las categorías “nada”, “muy poco”, “poco” y “bastante” no es igual. La encuesta determinó el umbral del cambio para su transformación en variables dicótomas.

77 Algunos encuestados marcaron más de las tres prioridades requeridas y fueron eliminados en la presentación de los cuadros del Anexo B. Las prioridades sobre ventajas y razones del cambio no ingresaron como variables en los modelos. Sirvieron solamente para confirmar la información sobre los determinantes.

CAPÍTULO 4

MODELOS DE CONVERSIÓN Y CAMBIOS EN LOS DETERMINANTES

Esta parte empieza con el análisis de las variables de la encuesta. Este análisis permite confirmar o descartar los determinantes postulados a la luz de la teoría y el sentido común. Luego se estiman y corrigen a manera de sondeo los modelos lineales de conversión. El Anexo C describe en detalle la estimación de los modelos de probabilidad lineal y su corrección. El modelo elegido para este estudio fue el modelo no lineal denominado *Logit*. Éste se ajusta mejor a los datos al permitir más variación en las respuestas justamente en los umbrales del cambio de gasolineros a duales de la variable dependiente. Los modelos lineales asumen un porcentaje de cambio constante en la probabilidad de conversión frente a la variación del valor de los determinantes, como lo ilustra el Anexo C. Finalmente se simula con el modelo Logit escenarios de cambios en los determinantes y sus resultados en términos de la probabilidad de conversión.

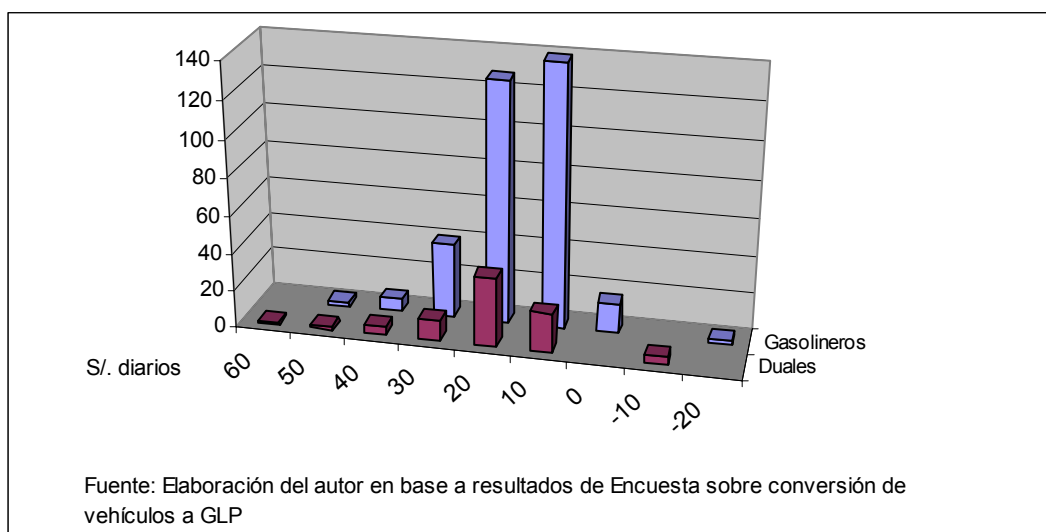
4.1 Análisis de variables

En los modelos duales, la variable dependiente, Y , es dicótoma. Los convertidos reciben el valor de “1” y los no convertidos, pero en capacidad de hacerlo, el valor de “0”. Sin embargo, la estimación y predicción de Y cambia su naturaleza, convirtiéndola en una variable continua que fluctúa entre cero y uno, reflejando la probabilidad de conversión.

Entre las variables explicativas, la variable más importante en teoría fue el ahorro en combustible. Los dueños de duales convirtieron sus vehículos porque el precio de la

gasolina se incrementaba año tras año y el GLP les permitía gastar menos en combustible (Cuadro B.2, Anexo B). Sin embargo, cuando se pregunta a todos cuánto de ahorro representa el GLP en relación a la gasolina, tanto los dueños de gasolineros como los de duales conocen que el ahorro se sitúa entre 30% y 50% (Cuadro B.14, Anexo B). Para apreciar esta observación, el Gráfico 4.1 presenta el ahorro diario en soles de dueños de vehículos gasolineros y duales (Cuadro B.7a, Anexo B).

GRÁFICO 4.1
FRECUENCIAS DE AHORRO DIARIO DE GASOLINEROS Y DUALES



En el gráfico tanto los dueños de vehículos gasolineros como los de duales saben que el ahorro diario se encuentra entre S/. 10 y S/. 30 soles dependiendo de los kilómetros recorridos. Sin embargo, entre todos los dueños los que más sienten la necesidad de ahorrar son los que tienen ingresos bajos (Cuadro B.18, Anexo B) e hijos pequeños (Cuadro B.19, Anexo B). Los demás al parecer no necesitan maximizar sus ingresos porque se encuentran bien como están⁷⁸. Esto indicaría que el ahorro en combustible como tal no es un buen determinante. Más bien, la presión por economizar que soportan los dueños, con ingresos bajos e hijos pequeños, sí inclina la balanza hacia la conversión economizadora.

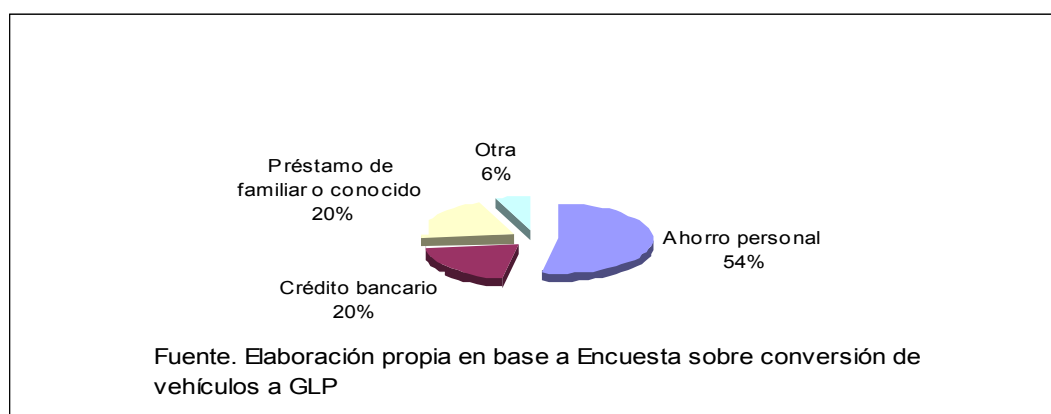
Entre los demás determinantes de conversión, que se establecieron, se encuentran el conocimiento de la tecnología, el temor de la seguridad del vehículo, y el temor de no

78 Algunos dueños no optan por la conversión, a pesar de conocer los ahorros que el uso del GLP genera, porque tienen mucho temor al cambio o su racionalidad es limitada. Agentes que no maximizan y se encuentran satisfechos con los beneficios que obtienen fue parte de un campo de investigación por la década de los 70s. El economista Dr. Rodolfo S. Cermeño-Bazán, egresado de la UNT y ex docente de la PUCP cree que este concepto es aplicable en este estudio. Pero también es posible que por lo menos los dueños particulares de vehículos nuevos (pertenecientes a estratos altos de ingreso) piensen que la conversión daña sus vehículos.

encontrar un grifo GLP, cuando se requiera. Éstos son determinantes significativos y tienen umbrales de cambio claros en la mitad de la escala cualitativa (Cuadro B.15, Anexo B). Estos tres determinantes postulados encontraron respaldo empírico.

Con respecto al determinante del acceso al crédito no se encontró diferencia entre los dueños de vehículo gasolineros y duales (Cuadro B.16, Anexo B). Parte de la explicación a este hecho radica en que los dueños de vehículos duales financiaron la conversión mayormente con ahorros propios, de familiares y de conocidos (Cuadro B.3, Anexo B), como se aprecia en Gráfico 4.2.

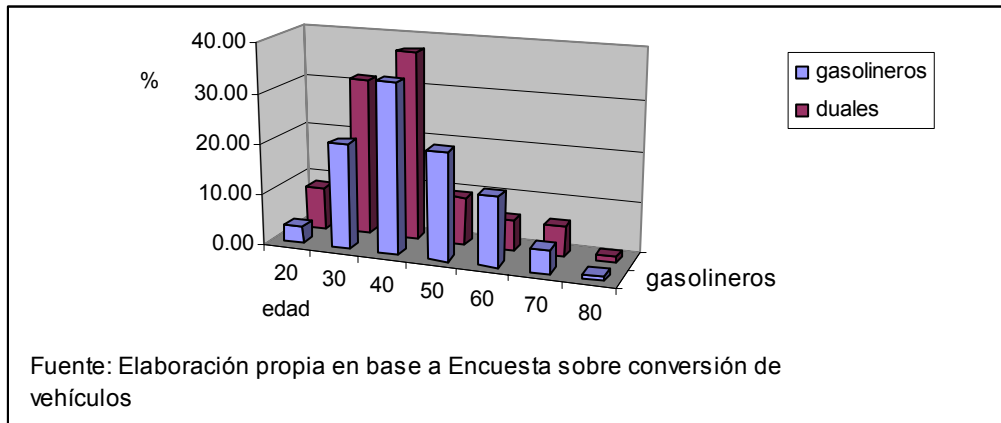
GRÁFICO 4.2
FUENTE DE FINANCIAMIENTO DE VEHÍCULOS CONVERTIDOS



En efecto, los dueños de vehículos gasolineros no acuden mayormente a los bancos por financiamiento por múltiples razones, destacando los motivos emocionales (Cuadro B.9, Anexo B). Al parecer la incertidumbre del futuro crea cierto pánico entre los dueños de vehículos, el mismo que les impide convertirse en prestatarios. Por estos motivos, este temor se manifiesta frecuentemente en una actitud de rechazo a endeudarse y pagar intereses.

Dos determinantes establecidos a partir del análisis de la encuesta que presentan diferencias en los porcentajes de gasolineros y duales son la edad del dueño (Cuadro B.17, Anexo B) y la antigüedad del vehículo (Cuadro B.10, Anexo B). Los dueños, cuyas edades se encuentran entre 20-40 y 70-80 años tienen mayor probabilidad de convertir sus vehículos al sistema dual que los de edad intermedia 50-60 años, como se observa en el Gráfico 4.3.

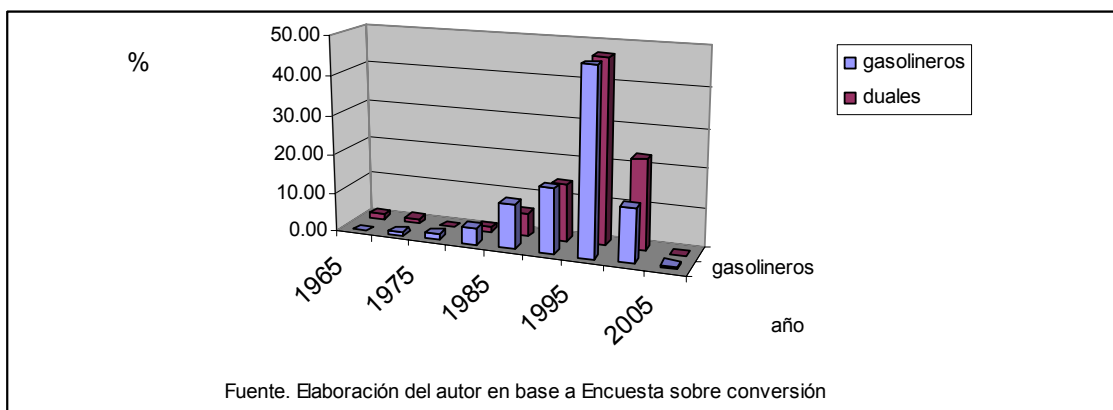
GRAFICO 4.3
PORCENTAJE DE GASOLINEROS Y DUALES SEGÚN LA EDAD DE DUEÑO DEL VEHÍCULO



Los más jóvenes y los que forman parte de la calificación de adulto mayor (más de 65 años) tienen más porcentaje en las torres más oscuras de atrás, que corresponde a vehículos convertidos. En las clases 20-40 y 70-80 años, estas torres son mayores que las torres más claras de los vehículos gasolineros. En las clases de 50-60 años, las torres claras son mayores.

Un fenómeno parecido sucede con el año de fabricación del vehículo. Esta variable refleja la antigüedad del vehículo. El Gráfico 4.4 presenta el año de fabricación para gasolineros y convertidos usando torres que reflejan porcentajes.

GRAFICO 4.4
PORCENTAJE DE GASOLINEROS Y DUALES SEGÚN EL AÑO DE FABRICACIÓN DEL VEHÍCULO



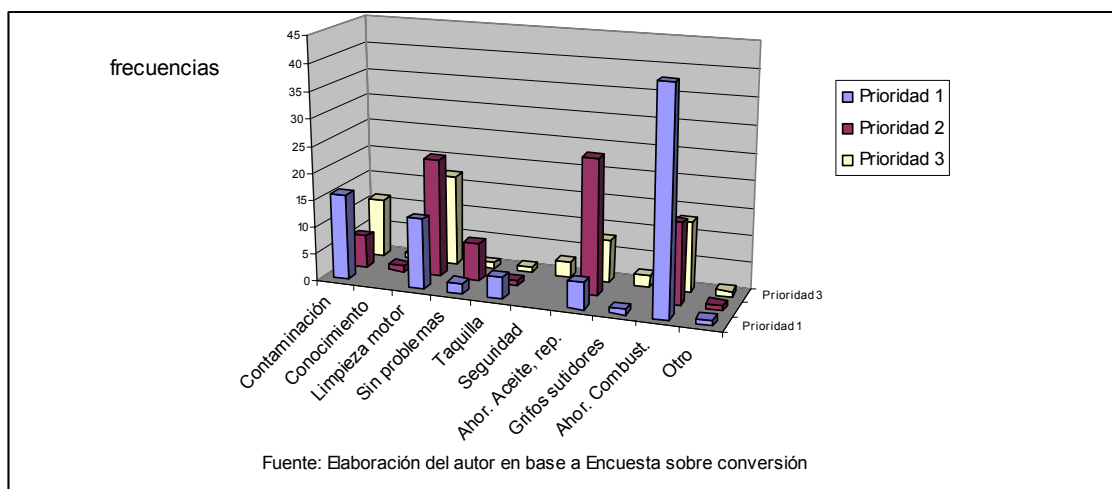
Se encuentra más convertidos entre los vehículos fabricados en los últimos años (2000-2005) que entre los más antiguos (las torres oscuras son mayores que las claras), aunque la diferencia es muy pequeña. Llama la atención la existencia de unos

pocos vehículos muy antiguos (1965-1970), que funcionan con GLP⁷⁹. Entre los vehículos fabricados en años intermedios (1975-1990) los vehículos gasolineros tienen mayor porcentaje (las torres claras son mayores que las oscuras).

Por consiguiente el análisis de la encuesta permite añadir dos determinantes a los postulados: la edad del dueño del vehículo y el año de fabricación del vehículo. Ambos determinantes fueron incorporados a los modelos de probabilidad de conversión con buenos resultados. En efecto, el proceso de conversión está asociado a dueños jóvenes y a vehículos nuevos, aunque entre los vehículos de adultos mayores y los vehículos muy antiguos se encuentran también vehículos convertidos en mayor porcentaje que los no convertidos.

Contrario a lo postulado, la menor contaminación no figura como razón de cambio, pero sí como una ventaja secundaria una vez realizada la conversión. El Gráfico 4.5 presenta las ventajas de la conversión.

GRÁFICO 4.5
VENTAJAS DE LA CONVERSIÓN DE GASOLINEROS A DUALES



Si en este gráfico se suma las frecuencias de las tres prioridades por rubro (tres torres de diferente color), encontramos que la menor contaminación (primer rubro empezando por la izquierda) figura como ventaja en tercer lugar, justo después del ahorro en combustible (noveno rubro) y la limpieza del motor (tercer rubro). Sin embargo, la menor contaminación como motivo de cambio no parece ser una variable con influencia significativa (Cuadro B.2, Anexo B).

79 La encuesta reporta dos vehículos antiguos convertidos. Es posible convertir vehículos muy antiguos, siempre y cuando se encuentren en óptimas condiciones operativas. De lo contrario, el GLP no se quema totalmente, contaminando el ambiente. Incluso es posible que en mediano plazo el motor se dañe.

4.2 Construcción de Modelos Alternativos

Como se mencionó antes, en el análisis de la encuesta y en el proceso de estimación de los tres modelos diseñados surgieron modificaciones en los determinantes postulados. Estos cambios mejoran y completan la explicación de la conversión y están justificados por el sentido común. He aquí el resultado de los cambios efectuados:

1. Se reemplazó la variable “ahorro en combustible” por los determinantes dicotómicos ingresos bajos, INGRBAJOS, e hijos pequeños, HIJOSCHICOS presentados en el Cuadro 3.2. La primera variable resultó ser no significativa, porque tanto los dueños de vehículos convertidos como los de vehículos gasolineros conocen bien el ahorro que significa usar GLP en lugar de gasolina. Sin embargo, los dueños con ingresos bajos e hijos pequeños deciden convertir sus vehículos a GLP por la necesidad de economizar, que sienten.
2. Las variables conocimiento de la tecnología, CONOCTECN, temor por la seguridad del vehículo, TEMESEGUR, y temor de no encontrar grifos cerca, TEMENOGRAF, resultaron ser significativas, tal como se había postulado.
3. Se eliminó la variable “acceso al crédito” porque resultó ser no significativa. Al parecer, muchos dueños de vehículos rehúsan usar el crédito a pesar de tener acceso al mismo. Prefieren usar sus ahorros y el de sus familiares. La restricción financiera puede definirse como la falta de acceso a la liquidez en un sentido amplio⁸⁰.
4. La probabilidad de conversión también resultó ser sensible a la antigüedad del vehículo, FABRIC, y a la edad del dueño, EDAD. Más convertidos se encontraron entre vehículos nuevos y dueños jóvenes. Los convertidos también sobresalen entre vehículos muy viejos y adultos de la tercera edad. Eso indicaría que la influencia de ambas variables es de carácter no lineal.

80 La restricción financiera se manifiesta realmente en los dueños de vehículos bajo la forma de falta de ahorros propios. La encuesta ha revelado que los convertidos usaron mayormente sus propios ahorros y el de sus familiares. Como no se anticipó esta condición no se preguntó sobre la cantidad de ahorros acumulados, como hubiera sido aconsejable.

5. Finalmente la menor contaminación que arroja el GLP no resultó ser un motivo significativo de conversión. Sin embargo, los dueños de vehículos ya convertidos reconocen que el GLP tiene una ventaja ecológica sobre la gasolina.

En relación a los determinantes postulados, los cambios efectuados posteriormente fueron de carácter complementario y se hicieron a la luz de la evidencia empírica (Tabulaciones cruzadas de las respuestas de la encuesta y pruebas t de los estimadores de los modelos). La racionalidad económica y los factores cognitivos y emotivos que la acompañan constituyeron el núcleo de la explicación.

La especificación de los modelos lineales de regresión junto con el significado de sus variables se presenta en el Cuadro 4.1.

CUADRO 4.1
ESPECIFICACIÓN DEL MODELO LINEAL DE PROBABILIDAD

$$Y = \beta_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \beta_8 X_7^2 + \beta_9 X_8 + \beta_{10} X_8^2$$

donde:

Y = variable dependiente dicótoma que toma el valor de "1" cuando el vehículo es dual y el valor de "0" cuando es gasolinero

X₂ = INGRBAJOS, variable dicótoma resultado de respuestas a la pregunta D sobre el ingreso mensual familiar total. Los ingresos menores a S/.1.500 se convierten en "1" y los mayores a S/.1.500 pasan a ser "0". Signo esperado positivo.

X₃ = HIJOSCHICOS, variable dicótoma resultado de respuestas a la pregunta G1 sobre el número de hijos menores de 18 años. Los que respondieron no tenerlos se convierten en "0" y los que tienen uno o más pasan a ser "1". Signo esperado positivo.

X₄ = CONOCTECN, variable dicótoma resultado de respuestas a la pregunta 14 "¿Conoce la tecnología dual?". Las respuestas "nada" y "muy poco" se convierten en "0" y las respuestas "poco,algo" y "bastante,mucho" pasan a ser "1". Signo esperado positivo.

X₅ = TEMESEGUR, variable dicótoma resultado de respuestas a la pregunta 15 "¿Teme por la seguridad de duales?". Las respuestas "nada" y "muy poco" se convierten en "0" y las respuestas "poco,algo" y "bastante,mucho" pasan a ser "1". Signo esperado negativo.

X₆ = TEMENGRIF, variable dicótoma resultado de respuestas a la pregunta 17 "¿Teme no encontrar un grifo cerca?". Las respuestas "nada" y "muy poco" se convierten en "0" y las respuestas "poco,algo" y "bastante,mucho" pasan a ser "1". Signo esperado negativo.

X₇ = FABRIC, variable cuantitativa resultado de respuestas a parte de la pregunta 10 sobre el año de fabricación del vehículo. Su forma cuadrática obedece a la estructura detectada en el Cuadro B.10 del Anexo B.

X₈ = EDAD, variable cuantitativa resultado de respuestas a la pregunta A2 sobre la edad del dueño del vehículo. Su forma cuadrática obedece a la estructura detectada en el Cuadro B.17 del Anexo B.

Fuente: Elaboración del autor

Con esta especificación y usando el programa EViews 4.0 se procedió a estimar primero el modelo lineal de probabilidad, MLP. Luego se aplicó la Prueba de White, la misma que detectó la presencia de Heteroscedasticidad. Finalmente se estimó el modelo MLP ponderado. El Anexo C presenta los resultados de estas regresiones y la prueba aplicada y algunos comentarios.

Como se mencionó antes, en los modelos lineales la probabilidad de conversión varía en forma constante conforme cambia el valor de los regresores. Esta especificación no se ajusta a los hechos donde las probabilidades cambian más rápido cerca de los valores umbrales de los regresores. En este sentido, el modelo no lineal Logit se acomoda mejor a los datos y fue el elegido para este estudio.

El modelo Logit tiene la forma de una función acumulativa asintótica a cero para valores bajos de los determinantes y asintótica a uno para valores altos, cuando las relaciones son positivas. Lo contrario se presentaría si la relación es negativa. En este modelo, Y_i , se interpreta como la probabilidad de convertirse, P_i , la cual depende de los regresores postulados siguiendo la fórmula de acumulación logística⁸¹.

Al convertir esta fórmula en una función lineal de los regresores, la variable dependiente del modelo se convierte en $L_i = \log (P_i / (1 - P_i))$, que se define como el logaritmo de la razón de la probabilidad de convertirse sobre la probabilidad de no convertirse. Este método genera una nueva variable no observable, L_i , la cual sí es una función lineal de todas las variables explicativas.

Los resultados de la estimación del modelo Logit se presentan en el Cuadro 4.2. La variable dependiente es Y , pero luego hace referencia al método Logit binario L_i .

81 Esta fórmula tiene esta expresión $P_i = e^{Z_i} / (1 + e^{Z_i})$, donde la variable Z_i es función lineal de los regresores.

CUADRO 4.2
MODELO LOGIT

Dependent Variable: Y				
Method: ML - Binary Logit				
Date: 11/08/06 Time: 21:22				
Sample: 1 509				
Included observations: 463				
Excluded observations: 46				
Convergence achieved after 142 iterations				
Covariance matrix computed using second derivatives				
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	25380.51	8689.987	2.920661	0.0035
INGRBAJOS	0.829874	0.336041	2.469564	0.0135
HIJOSCHICOS	1.205428	0.364300	3.308890	0.0009
CONOCTECN	1.123650	0.284608	3.948067	0.0001
TEMESEGUR	-0.899798	0.308392	-2.917711	0.0035
TEMENOGRIF	-0.482735	0.284098	-1.699186	0.0893
FABRIC	-25.56560	8.741528	-2.924614	0.0034
FABRIC^2	0.006439	0.002198	2.928943	0.0034
EDAD	-0.294740	0.075625	-3.897405	0.0001
EDAD^2	0.003031	0.000827	3.666476	0.0002
Mean dependent var	0.164147	S.D. dependent var	0.370809	
S.E. of regression	0.341558	Akaike info criterion	0.778870	
Sum squared resid	52.84793	Schwarz criterion	0.868238	
Log likelihood	-170.3084	Hannan-Quinn criter.	0.814051	
Restr. log likelihood	-206.7215	Avg. log likelihood	-0.367837	
LR statistic (9 df)	72.82632	McFadden R-squared	0.176146	
Probability(LR stat)	4.24E-12			
Obs with Dep=0	387	Total obs	463	
Obs with Dep=1	76			

Fuente: Elaboración propia usando Eviews con los datos de la Encuesta.

Como se indicó, la naturaleza no lineal de este modelo lo acerca mejor a los datos. En otras palabras, es más probable (verosímil) que los datos provengan de esta estructura matemática no lineal que de una lineal. En la primera columna del Cuadro 4.2 se encuentran el intercepto (C) y los siete determinantes, que incluyen a los dos cuantitativos. Estos últimos se han colocado al final de las variables dos veces cada uno. La segunda vez están al cuadrado para reflejar la influencia no lineal sobre el logit (L_i). La segunda columna presenta los coeficientes, que son estimaciones de la influencia de cada determinante sobre la probabilidad de conversión en términos de L_i . En la tercera columna están los errores estándar de cada coeficiente. La columna z-statistic nos presenta la importancia relativa de cada regresor y permite hacer la prueba de significancia para cada una de las variables explicativas. Al 5% de nivel de

significancia ($Z = 1,96$), la columna nos indica que todos los determinantes tienen una significancia muy similar.

En efecto, el conocimiento de la tecnología dual, CONOCTECN, el temor por la seguridad de los vehículos convertidos, TEMESEGUR, el año de fabricación del vehículo, FABRIC, la edad del dueño del vehículo, EDAD, la escala de ingresos menores a S/. 1.500,00, INGRBAJOS, y la posesión de hijos menores a 18 años, HIJOSCHICOS presentan el valor del estadístico Z entre 2 y 3. Solamente el temor de no encontrar un grifo cerca, TEMENOGRIFF, presenta un valor de Z inferior a 1,96. Esto quiere decir que TEMENOGRIFF es un determinante no significativo al 5%⁸². Como se explicó antes, la relación de grifos y vehículos convertidos no es muy baja en Trujillo.

Así mismo, en este modelo y en los dos modelos lineales del Anexo C los signos de los coeficientes encontrados son los esperados por la teoría y el sentido común. En relación a la evaluación, el modelo Logit presenta algunas diferencias en relación a los modelos lineales.

Las características del modelo Logit son las siguientes⁸³:

1. El modelo es no lineal y emplea el método de estimación de Máxima Verosimilitud, MV. Este método exige muestras grandes y emplea la función de densidad normal para calcular los estimadores. En este estudio, el tamaño de la muestra ($n = 463$) cumple con ese requisito. Así mismo, las pruebas de significancia individual para este modelo emplean la distribución normal estándar Z.
2. EViews 4.0 presenta el estadístico R^2 McFadden (R^2_{McF}), como prueba de bondad de ajuste. Como se aprecia el Cuadro 4.2, el $R^2_{McF} = 0,17615$ es un poco bajo posiblemente porque no se pudo elaborar un determinante de la restricción financiera y el ahorro en combustible se ve reflejado sólo en forma imperfecta en los ingresos bajos e hijos pequeños. Una medida alternativa de R^2_{McF} es "R² cuenta". Este estadístico se obtiene al dividir el número de predicciones correctas sobre el número total de observaciones. En la elaboración del "R² cuenta", las predicciones del Logit mayores a 0.5 se consideran "1" y las menores "0". Para este modelo el "R² cuenta" resultó ser $R^2 = 0,8531$, que es mucho mejor que el R^2_{McF} . Sin embargo, el "R² cuenta" predijo en

82 En una prueba bilateral los valores Z críticos de la función de densidad normal para un nivel de significancia de 0.05 son -1.96 y 1.96, mientras que el Z probador para la hipótesis nula de no significancia es -1,69919.

83 Damodar Gujarati. Econometría. Cuarta Edición. Mc-Graw-Hill Interamericana. México 2004. Pags.584-585.

forma acertada 99% de los no convertidos y solamente 16% de los convertidos. Esta última cifra se considera baja.

3. El probador de significancia global para este modelo es la razón de verosimilitud (LR statistic) que en este caso toma el valor de LR statistic = 72,83. El Chi-cuadrado crítico para 9 grados de libertad (número de determinantes) y 5% de nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) resulta ser LR stat = 16,919. Claramente el probador es mayor que el valor crítico de la prueba. Por consiguiente, la significancia global del modelo permite usarlo para fines de predicción.
4. Las diversas propensiones a convertirse de cada una de las variables determinantes dicótomas se obtienen tomando los antilogaritmos del valor absoluto de sus coeficientes.

Aplicando esta última característica a los resultados del modelo Logit, obtenemos las propensiones del Cuadro 4.3. Cada propensión se obtuvo elevando la base Neperiana “e”, al valor absoluto del coeficiente de cada una de las cinco variables dicótomas explicativas.

CUADRO 4.3
PROPENSIONES A CONVERTIRSE

Variable	Coficiente	Propensión a convertirse
INGRBAJOS	0,82987	2,2930
HIJOSCHICOS	1,20543	3,3382
CONOCTECN	1,12365	3,0761
TEMESEGUR	-0,89980	2,4591
TEMENOGRAF	-0,48274	1,6205

Fuente: Elaboración del autor en base al modelo Logit.

No se ha obtenido la propensión a la conversión para la edad y ni para el año de fabricación, porque son variables cuantitativas y sus propensiones cambian conforme cambia la edad del dueño y la antigüedad del vehículo. Como se describió antes, las edades y años de fabricación intermedios son las que menos probabilidad tienen de convertirse, por consiguiente tendrán también las menores propensiones.

A cada coeficiente del Cuadro 4.3 se le calcula su antilogaritmo. El antilogaritmo del coeficiente de INGRBAJOS es 2,2930. Esto indica que los dueños de vehículos gasolineros que tienen ingresos menores a S/. 1.500 mensuales son 2,3 veces más

propensos⁸⁴ a convertirse que los que tienen ingresos mayores a S/. 1.500. Esto significa que los dueños de bajos ingresos tienen mayor necesidad de ahorrar en combustible que los de altos ingresos (mayores a S/. 1.500 mensual). Los que perciben más de S/. 1.500 se encuentran mayormente satisfechos con sus ingresos y no se toman la molestia de maximizarlos convirtiendo sus vehículos a duales.

Así mismo, el coeficiente de HIJOSCHICOS tiene un antilogaritmo de 3,3382. Esto sugiere que los dueños de vehículos gasolineros que tienen hijos menores a 18 años son 3,3 veces más propensos a convertirse que los que no tienen hijos o sus hijos son todos mayores de 18 años. Los dueños con hijos pequeños tienen mayores gastos que los que los que no tienen hijos o sus hijos son mayores de 18 años. Los hijos mayores que trabajan con frecuencia contribuyen a la economía del hogar, salvo si están casados. Por consiguiente, son los dueños con hijos pequeños los que necesitan más ingresos y una forma de obtenerlos es convirtiendo sus vehículos a duales. Por este motivo, mayor cantidad de convertidos se encuentra entre dueños con hijos pequeños.

La variable CONOCTECN posee un antilogaritmo de 3,0761. Esta cifra sugiere que un dueño de vehículo gasolinero que posea conocimiento de la tecnología dual tiene una propensión a convertirse 3 veces más grande que el no conoce la tecnología dual. Los kits de conversión son productos industriales cuya adquisición depende no sólo del precio, sino también de algún grado de comprensión de su forma de operar en el vehículo que se va a instalar. El conocimiento es muy importante en las adquisiciones de cierto valor, como son las inversiones en conversión. El conocimiento despeja muchas dudas y temores respecto al producto por adquirir.

A menor temor, mayor conversión. El Cuadro 4.3 establece también que si el dueño no teme por la seguridad de los vehículos convertidos es 2,5 veces más propenso a convertirse que los que temen y si no teme encontrar surtidores de GLP es 1,6 veces más propenso que los que temen. Como se indicó antes, los temores son producto del desconocimiento o de prejuicios no justificados. Tanto el conocimiento como los temores pueden ser modificados con una política de difusión de información apropiada sobre la conversión.

84 Por propensión a conversión se entiende la probabilidad de conversión sobre la probabilidad de no conversión. Si la probabilidad de conversión es 0.25, la propensión sería 1/3, pero si la probabilidad de conversión es 0.5, la propensión sería 1, o sea, la propensión aumenta 3 veces cuando la probabilidad de conversión pasa de 0.25 a 0.50.

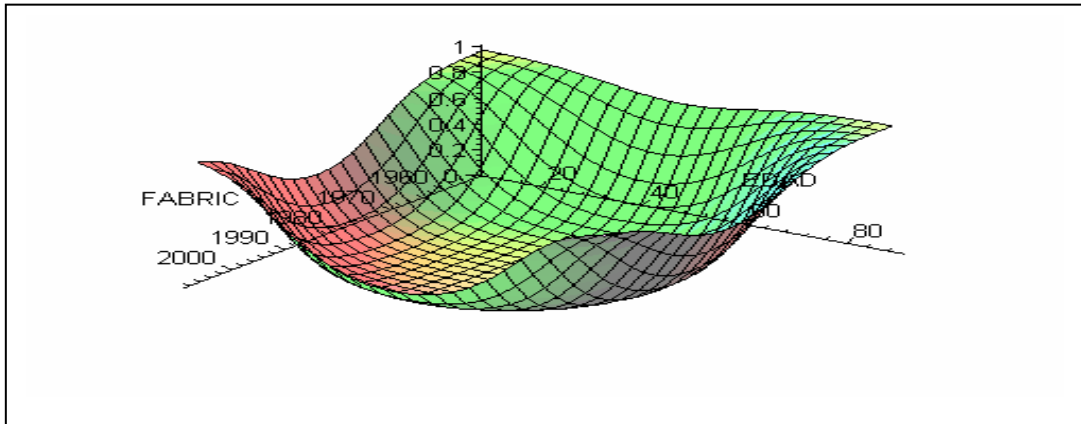
La política de difusión se encarga de aumentar la probabilidad de conversión alterando los valores del conocimiento de la tecnología, CONOCETECN, el temor por la seguridad del vehículo, TEMESEGUR, y el temor por la escasez de grifos surtidores de GLP, TEMEMNOGRIF. Con esta política, las tres variables que en la mayoría de dueños de vehículos gasolineros adoptan los valores de “0”, “1” y “1”, pasarían a sus valores opuestos “1”, “0” y “0” respectivamente. Más aún, la política de difusión puede inducir a algunos dueños sin hijos pequeños, HIJOSCHICOS = “0”, y con ingresos altos, INGRBAJOS = “0”, a convertir sus vehículos. Estos dueños que piensan que no necesitan convertir sus vehículos podrían cambiar de opinión con información real sobre la conversión. En la medida en que la política de difusión altere la percepción de los dueños acerca de la naturaleza de la conversión⁸⁵, aún las personas de altos ingresos y sin hijos pequeños tenderán a cambiar a mediano y largo plazo su forma de pensar.

4.3 Escenarios de Probabilidad de Conversión

Antes de describir los diversos escenarios que puede generar las políticas de limpieza del aire, es conveniente analizar gráficamente los dos determinantes cuantitativos, esto es, el año de fabricación del vehículo, FABRIC, y la edad del dueño del vehículo, EDAD. Los coeficientes de los determinantes obtenidos del modelo de regresión Logit del Cuadro 4.2 se usaron para hacer variar FABRIC y EDAD, dejando los demás determinantes en su valor base. El resultado se puede apreciar visualmente usando el programa Mapple VII. El Gráfico 4.6 presenta el cuerpo geométrico que genera los diversos valores de FABRIC y EDAD sobre la probabilidad de conversión (eje vertical). El cuerpo geométrico se asemeja a una campana invertida con cuatro cimas en forma de vértices.

⁸⁵ La conversión aumenta el valor del vehículo. Al ser el GLP un combustible más limpio que la gasolina, el motor se conserva mejor, usa menos aceite y su vida útil se prolonga. Sin embargo, algunos dueños de vehículos creen que la conversión altera la integridad del vehículo, reduciendo su valor. En efecto, la conversión podría dañar el motor si se llevó a cabo en un taller informal, si no se da mantenimiento regular al vehículo o si no se enciende diariamente el motor con gasolina antes de cambiarlo a GLP.

GRÁFICO 4.6
PROBABILIDAD DE CONVERTIRSE PARA AÑO DE FABRICACIÓN DEL VEHÍCULO Y EDAD DEL
DUEÑO CUANDO LAS VARIABLES DICÓTOMAS ADOPTAN SU VALOR BASE



Fuente: Elaboración usando Mapple VII en base a resultados de la regresión del modelo Logit.

Los dueños de mediana edad (40 años) y con vehículos medianamente antiguos (1975) son los que tienen menor probabilidad de convertir sus vehículos al sistema dual, ceteris paribus. El cruce de estos dos valores corresponde al punto más bajo de la campana invertida y a la menor probabilidad de conversión. Así mismo, el primero de los cuatro vértices de la campana, empezando por la izquierda, corresponde a los dueños más jóvenes con vehículos nuevos son los que presentan alta probabilidad de conversión. También tiene alta probabilidad de conversión los jóvenes con vehículos viejos, correspondiente al segundo vértice. El tercero y cuarto vértice corresponde a dueños de la tercera edad con vehículos nuevos y viejos respectivamente. No existe una explicación muy coherente para la alta probabilidad de estos dos últimos vértices. Los lugares geométricos que se encuentran entre el centro de la campana (la probabilidad más baja) y los vértices (las más altas probabilidades) son los que tienen mayor pendiente y corresponden a los umbrales del cambio de vehículos gasolineros a duales.

En otras palabras, el modelo es asintótico a las edades y años de fabricación intermedios y extremos. A medida que nos alejamos de la parte más baja de la campana en cualquier dirección, la probabilidad de conversión aumenta primero lentamente luego rápidamente y finalmente lentamente. Al acercarse a los valores extremos de EDAD y de FABRIC, la probabilidad no solo aumenta lentamente sino también se va acercando al valor de "1" en forma asintótica.

Otra forma de explicar el Grafico 4.6 es la siguiente. Para cualquier año de fabricación de los vehículos, los dueños jóvenes (20-40 años) y adultos de edad avanzada (70-80 años) presentan mayor probabilidad de conversión que los adultos de edad intermedia (50-60 años). No existe una explicación satisfactoria del los adultos de edad avanzada. Es posible que ellos tengan ingresos bajos y/o niños pequeños a su cargo. También es posible que ellos se desempeñen como comerciantes o sean profesionales retirados con ahorros. Pueden haber comprado el vehículo ya convertido o pueden conocer bien el sistema dual por su profesión. Estos nexos están más allá de las variables explicativas, lo que impide probar la colinealidad.

Asimismo dada cualquier edad del dueño del vehículo, los vehículos nuevos (año de fabricación 1995-2005) y los muy antiguos (año de fabricación 1950-1960) tienen mayor probabilidad de encontrarse convertidos que los de antigüedad intermedia (año de fabricación 1965-1990). Ciertamente es más fácil y barato convertir un vehículo nuevo que un antiguo porque este último requiere reparaciones previas. Por ese motivo llama la atención la presencia de algunos vehículos muy antiguos, que se encuentran convertidos en la muestra del estudio⁸⁶. Puede tratarse de vehículos con mantenimiento regular, sus dueños pueden haber tenido ahorros para la conversión o pueden poseer las características de los convertidos⁸⁷. El reducido número de vehículos muy antiguos no permite probar estas hipótesis.

Dada cualquier edad del dueño y cualquier año de fabricación del vehículo, cuando el valor de CONOCTECN cambia de "0" a "1" la campana invertida del Gráfico 4.6 se eleva hacia arriba aumentando la probabilidad de conversión. El coeficiente de CONOCTECN es positivo. Igualmente cuando el valor de TEMESEGUR o TEMENOGRIFF cambia de "0" a "1", la campana invertida se dirige hacia abajo porque ambas variables tienen coeficientes negativos.

El rol de la política de difusión de información es cambiar el valor de CONOCTECN de "0" a "1", elevando la campana y aumentando el número de dueños de vehículos bien informados. Asimismo, la misma política tiende a cambiar el valor de TEMESEGUR y TEMENOGRIFF, que normalmente se encuentra en "1" a "0", elevando de nuevo la campana y disminuyendo los temores que puedan sentir los dueños de vehículos

86 En la muestra seleccionada 2 vehículos fabricados antes de 1971 (un automóvil y una camioneta pick up), se convirtieron a duales en el año 2005. Igualmente 6 vehículos duales (5 autos y una camioneta pick up) pertenecen a dueños cuyas edades exceden los 65 años. Un automóvil comparte ambas categorías.

87 Esto es: hijos pequeños, ingresos bajos, conocimiento del GLP y ningún temor.

gasolineros. En otras palabras, la política de limpieza del aire, consistente en difundir información sobre la tecnología GLP, aumenta la probabilidad de conversión entre los dueños de vehículos gasolineros porque el mayor conocimiento hace deseable la conversión y al mismo tiempo reduce los temores asociados al GLP y generados en gran parte por falta de conocimiento.

En lo que se refiere a los determinantes de ingresos bajos, INGRBAJOS, e hijos pequeños, HIJOSCHICOS, no es posible diseñar un instrumento que altere estas características. Sin embargo, el continuo incremento del precio del petróleo podría encargarse de reducir los ingresos reales y volverlos ingresos bajos. Así mismo, a medida que los dueños jóvenes contraen matrimonio y empiezan a tener hijos, la presión económica aumenta y es probable que la probabilidad de convertir sus vehículos también aumente. Estos cambios naturales en la probabilidad de conversión no son ciertamente inmediatos; se sitúan más bien en el mediano y largo plazo.

Pasamos ahora a analizar diversos escenarios que se presentan para determinados valores puntuales de los determinantes. La idea es apreciar los efectos sobre la probabilidad de conversión, producidos por cambios en el valor de las variables dicótomas, que pueden ser manejadas con la política de limpieza del aire.

Los escenarios de corto plazo se presentan para diversos valores que asumen las tres variables dicótomas (CONOCTECN, TEMESEGUR y TEMENOGRAF) en cualquier punto de la campana invertida, que representa los diversos valores de la antigüedad del vehículo y la edad del dueño.

El Cuadro 4.4 presenta escenarios del cambio en la probabilidad de conversión cuando cambian las tres variables dicótomas mencionadas para tres valores de FABRIC y EDAD (dos valores extremos cerca de los vértices y el valor mediano de cada variable).

CUADRO 4.4

ESCENARIOS DE PROBABILIDADES DE CONVERSIÓN PARA DETERMINANTES CRUZADOS

Probabilidades de conversión para tres variables dicótomas cruzadas por antigüedad del vehículo y edad del dueño			Conoce la tecnología de duales CONOCTECN		Teme por seguridad de duales TEMESEGUR		Teme no encontrar grifos GLP TEMENOGRAF	
			NO	SI	NO	SI	NO	SI
			0	1	0	1	0	1
FABRIC	Año de fabricación							
Antigüedad del vehículo	Alta	1965	0,1464	0,3454	0,1464	0,0652	0,1464	0,0957
	Intermedia	1985	0,0119	0,0358	0,0119	0,0049	0,0119	0,0074
	Baja	2005	0,1278	0,3107	0,1278	0,0562	0,1278	0,0829
EDAD	Edad							
Edad del dueño	Joven	20	0,1257	0,3067	0,1257	0,0553	0,1257	0,0815
	Adulto	50	0,0119	0,0358	0,0119	0,0049	0,0119	0,0074
	Adulto mayor	80	0,1915	0,4215	0,1915	0,0878	0,1915	0,1275

Fuente: Elaboración propia en base a modelo estimado Logit.

Las dos primeras columnas del cuadro indican que la política dirigida a fomentar el conocimiento de la tecnología dual mediante la difusión de información, ceteris paribus, permite aumentar la probabilidad de conversión para cualquier antigüedad del vehículo y edad del dueño. Por ejemplo, para un vehículo de 1965 la probabilidad de conversión de su dueño pasa de 15% a 35%, o sea, 20 puntos porcentuales adicionales. Para un vehículo de 1985, la probabilidad aumenta de 1.2% a 3.6%, o sea, solamente 2.4 puntos adicionales. Para un vehículo del 2005, la probabilidad de conversión de su dueño pasa de 13% a 31%, o sea, 18 puntos porcentuales adicionales. En otras palabras, el incremento en la probabilidad de conversión por difusión de la tecnología GLP es mayor para los dueños de vehículos muy antiguos y nuevos. Los dueños de vehículos de antigüedad intermedia casi no reaccionan a la difusión del conocimiento.

La misma característica se observa en la edad del dueño del vehículo. Dueños de alrededor de 20 y 80 años incrementan el porcentaje de conversión en alrededor del 20 puntos porcentuales debido a la difusión de la tecnología GLP, mientras que los dueños de 50 años incrementan su conversión solamente en 2 puntos porcentuales. Aparentemente, los dueños de edad intermedia son difíciles de persuadir mediante la difusión de información sobre la tecnología GLP.

Las siguientes cuatro columnas del Cuadro 4.4 presentan el cambio en la probabilidad de conversión cuando se eliminan los dos temores postulados. Para un nivel de conocimientos tecnológicos dado, la eliminación de temores implica cambiar el valor de TEMESEGUR y TEMENOGRIFF de “1” a “0”. Para los valores extremos de antigüedad y edad, eliminar temores permite incrementar la probabilidad de conversión en más de 4 puntos porcentuales. Mientras que para los valores medianos de antigüedad y edad, el incremento en la probabilidad de conversión debido a eliminación de temores no llega a un punto porcentual. Como explicamos antes, la política de difusión no solo incrementa los conocimientos del GLP que los dueños de vehículos poseen, sino también reduce los temores asociados al GLP. En otras palabras, una forma eficaz de reducir los temores es aumentando el conocimiento de la tecnología GLP. En total, las políticas de difusión de conocimientos aumenta la probabilidad de conversión en más de 28 puntos porcentuales en los valores extremos de edad y antigüedad, y en menos de 4 puntos porcentuales en los valores medianos de edad y antigüedad. Para este cálculo se ha sumado la probabilidad de conversión producida por los tres determinantes CONOCTECN, TEMESEGUR y TEMENOGRIFF.

De estos escenarios de conversión surgen algunas preguntas importantes, que se tratará en detalle en el Capítulo 5 y son: ¿Por qué los vehículos de antigüedad intermedia y los dueños de edad mediana son los que menos se convierten? ¿Por qué el mayor conocimiento de la tecnología GLP solamente genera un incremento en la conversión de menos de 4 puntos porcentuales entre ellos? ¿Qué se puede hacer para que un dueño de edad intermedia, que posea un vehículo de antigüedad intermedia, se convierta a dual?.

Se puede afirmar tentativamente que es posible que algunos dueños de categorías intermedias consideren la conversión como dispositivos extraños que causan daño al motor de sus vehículos. También es posible que algunos dueños se sientan bien como están y no necesiten tomar riesgos innecesarios. La política de difusión de información puede cambiar esa actitud de los dueños. Sin embargo, es también probable que las actitudes no progresivas sean producto de una deficiente formación⁸⁸, más que de información incorrecta.

En resumen, el modelo Logit, usado para simular escenarios de cambio en la probabilidad de conversión, consta de ocho variables. Primero, la variable

88 La formación de actitudes adecuadas para aceptar el cambio tecnológico y para desempeñarse eficientemente en sociedad es parte de un programa de reforma educativa. Este tema puede ser abordado por estudios relacionados con la educación y el cambio social.

dependiente, Y, que se refiere a la condición del vehículo y toma el valor de “1” cuando se trata de un vehículo convertido y de “0” en caso contrario. Luego, los dos primeros determinantes dicótomos son ingresos bajos, INGRBAJOS, e hijos pequeños, HIJOSCHICOS. Si no tienen estas características su valor es “0”. Estos dos determinantes reemplazan en cierto sentido al ahorro en combustible, que resultó ser no significativo por las razones expuestas. No se puede manipular los valores de estos dos determinantes en el corto plazo con políticas de limpieza.

Los siguientes tres determinantes son los postulados en el marco teórico: conoce la tecnología dual, CONOCTECN, teme por la seguridad del vehículo, TEMESEGUR, y teme no encontrar grifos cerca, TEMENOGRAF. Estos tres determinantes si pueden alterarse con políticas de difusión sobre las propiedades del gas, los talleres de conversión y los equipos disponibles. Sin embargo, estas políticas no son muy efectivas en los valores medianos de antigüedad del vehículo, FABRIC, y edad del dueño, EDAD. Estas dos variables son los últimos determinantes. Son cuantitativos y no pueden tampoco ser manejados con políticas de limpieza.

Si las políticas de difusión de información relacionada con la conversión logran aumentar el conocimiento y eliminar los temores de los dueños de vehículos gasolineros, la probabilidad de conversión de éstos aumentará en casi 30 puntos porcentuales. Este significativo aumento no se aplica a dueños de edad intermedia ni a vehículos de antigüedad intermedia. Para estos últimos el incremento es menor a 4 puntos porcentuales.

CAPÍTULO 5

DISCUSIÓN E IMPLICANCIAS DE POLÍTICA

En el Capítulo 2 se discutió cuatro instrumentos, que se pueden usar para limpiar el aire de las ciudades: a) los instrumentos de mando y control, b) los instrumentos orientados al mercado, c) la política de educación y difusión de información ambiental y d) las medidas de promoción financiera. Estos instrumentos bien diseñados pueden también reducir la contaminación de las ciudades. Las políticas de educación tienen como objetivo despertar entre las personas respeto a la naturaleza. En este estudio, la política de educación y difusión se ha usado más bien para incentivar las conversiones, mostrando la racionalidad de la decisión de invertir en conversión y demostrando que no hay nada que temer si la conversión se realiza con estándares de calidad y si se da mantenimiento regular al vehículo convertido. En otras palabras, en condiciones óptimas la política de difusión cambia el valor de los determinantes dicotomos del modelo y, como consecuencia, aumenta la probabilidad de conversión.

Por otro lado, la restricción financiera no resultó significativa en el modelo. Los dueños de vehículos convertidos usaron más bien ahorros propios, de familiares y de conocidos. Sin embargo, con la difusión de las ventajas del endeudamiento formal y con facilidades crediticias se puede reducir la aversión a endeudarse, especialmente de parte de los taxistas. La encuesta muestra que la mitad de los dueños de vehículos gasolineros prefieren usar sus ahorros. Esta tendencia puede cambiarse con promociones de crédito, sobre todo, si los dueños no disponen de ahorros suficientes.

En relación a los instrumentos de mando y control, éstos deben reinstalarse o seguir usándose para apoyar las conversiones y avanzar hacia el óptimo social. En efecto, la certificación de talleres de conversión y las revisiones técnicas de los vehículos garantizan la calidad de los equipos de conversión instalados y el mantenimiento regular, que debe darse a los vehículos convertidos y no convertidos. Este estudio pone énfasis en la calidad de la conversión y en el respeto a las normas de uso y

mantenimiento de los vehículos convertidos. Esta es la única manera de obtener rentabilidad privada para los dueños de los vehículos y mejora en la calidad del aire de la ciudad.

En el modelo, los dueños de edad intermedia (50-60 años) presentan un bajo porcentaje de conversión, aún con políticas de difusión. Es posible que ellos tengan hijos mayores y/o gocen de un mayor ingreso. Por consiguiente, no necesitan convertirse. Para aumentar las conversiones de este segmento, se puede diseñar dos estrategias. Primero, presentar la conversión con kits de calidad como una mejora al vehículo en el sentido de que mantiene limpio el motor, aumenta su duración y no perjudica en nada el normal funcionamiento del mismo. Segundo, la Municipalidad Provincial de Trujillo puede difundir la cultura del productor y consumidor ecológico, que permita crear actitudes positivas hacia el gas. Si la gente desarrolla preferencias por los vehículos duales y puede fácilmente identificarlos, aumentara la probabilidad de conversión, especialmente entre los taxistas de edad intermedia.

Otro segmento de baja conversión es el constituido por vehículos de antigüedad intermedia. Al igual que en el caso anterior, enfatizar los puntos fuertes de la conversión (motores más limpios y de mayor duración) puede animarlos a reparar sus vehículos y convertirlos. Si el problema radica en la aversión a asumir riesgos⁸⁹, entonces la información y los pronósticos reducen los riesgos. Además conocer los daños ecológicos que causan los vehículos gasolineros a la población podría animar a algunos dueños a tomar riesgos para evitar los daños. La cultura de preocupación por el medio ambiente, si está ampliamente difundida, puede contribuir a limpiar el aire. Los cambios de actitudes toman tiempo, pero eventualmente se traducen en cambios estructurales en los coeficientes del modelo, que mejoran el ambiente.

Con respecto a las revisiones técnicas, es importante que se respeten los estándares de calidad, aunque impliquen un costo adicional para el organismo regulador. No es posible que sigan circulando en las ciudades vehículos que arrojan humo blanco o negro por el tubo de escape. Las revisiones bien hechas reducen más la contaminación que las restricciones de acceso al centro de las ciudades⁹⁰. Todas las medidas de mando y control deben diseñarse dentro de un plan de ordenamiento del

89 Los dueños de taxis de edad intermedia y/o con vehículos de antigüedad intermedia posiblemente desean una vida tranquila sin riesgos. Ellos se encuentran bien con su edad y la de sus vehículos. Esta actitud es la que se denomina racionalidad limitada.

90 En algunas ciudades se ha ensayado prohibir un día a la semana la circulación de cada vehículo. Para burlar esta restricción, algunos dueños compraron un segundo vehículo. De esta manera, la prohibición alentó el aumento de la flota y de la contaminación.

transporte público en las ciudades, que esté acompañado de medidas de renovación y mejoramiento de la flota⁹¹.

Los instrumentos de mercado están integrados por los impuestos, los subsidios y los permisos negociables. De estos, los impuestos son los más efectivos para reducir la contaminación vehicular. En general, se denominan instrumentos de mercado porque dejan que la gente libremente escoja lo que le conviene. Por ejemplo, se grava impuestos altos al Diesel 2 y a las gasolinas más contaminantes y se exonera de impuestos al etanol y los gases (sin subsidiarlos). El resultado es aire más limpio, pero también movilidad más cara, afectando la economía de la gente que se traslada en vehículos que usan los combustibles más contaminantes. Por consiguiente, la aplicación de impuestos ecológicos debe ser gradual. Si a largo plazo, el precio del petróleo continúa subiendo, la inflación de los combustibles fósiles tendrá un efecto similar al alza en los impuestos. De hecho esta situación está ocurriendo y los gobiernos están dirigiendo su atención al etanol y a los biocombustibles como alternativas de corto plazo.

Es necesario aclarar que este estudio se centra en la conversión no con la finalidad de solucionar el problema de la contaminación de las ciudades, sino para señalar una forma de aliviar el problema de la contaminación del aire del centro de Trujillo. Con este estudio, el gobierno regional y las instituciones de medio pueden aplicar las políticas de difusión con más confianza, porque su resultado está garantizado por la evidencia empírica. El modelo Logit indica con claridad que el problema fundamental es conocimiento. El conocimiento elimina los temores. A mayor conocimiento, el riesgo de invertir en conversión disminuye. Todas las instituciones interesadas en el medio ambiente, la prensa, las universidades y los gobiernos municipales y regionales deben iniciar campañas de difusión de la tecnología GLP, de sus ventajas y desventajas. En la Universidad Nacional de Trujillo, ya se han llevado a cabo dos talleres de conversión de vehículos a GLP con el auspicio de la Caja Trujillo y SENATI – Trujillo.

El riesgo de que el GLP vaya a subir de precio e igualarse al precio de la gasolina como sucedió con el Diesel 2 es muy remoto. El Diesel 2 requiere procesamiento y tiene un costo de producción, mientras que el GLP es un subproducto de la refinación del petróleo o un producto que se extrae y procesa junto con el gas natural. Por el lado de la demanda, no es probable que ésta vaya a incrementarse porque han

91 El objetivo de estas medidas es sacar de circulación la flota más antigua por ser la más contaminante.

surgido sustitutos eficientes como el GNC y el etanol. Lo que sí es posible es que todos los combustibles suban de precio manteniendo su estructura relativa. El alza pasada de los combustibles ha fomentado el cambio hacia el GLP. Primero lo hicieron los de menores ingresos y mayor carga familiar. Ahora bien, si el precio de los combustibles sigue aumentando, es muy probable que todos los dueños de vehículos gasolineros opten por convertirse a duales en ausencia de restricciones financieras.

Las entidades financieras y en especial la Caja Trujillo, que pertenece a la Municipalidad Provincial, pueden apoyar este proceso creando líneas de crédito especiales para la conversión de taxistas con el aval del gobierno local y regional. Los dueños de vehículos gasolineros piden más facilidades en el sentido obtener una tasa de interés preferencial. Este pedido está socialmente justificado porque la conversión contribuye a resolver parcialmente el problema de la contaminación del aire en Trujillo. En el pasado se ha usado mayormente ahorros personales y familiares para financiar la conversión. Es muy probable que éstos sean al presente muy exiguos, por lo que el rol del sistema financiero con responsabilidad social es dar mayor cobertura a sus operaciones, sobre todo, si tienen consecuencias sociales benéficas.

El Estado no sólo debe respaldar los créditos sino también dar el ejemplo convirtiendo a duales todas sus unidades de transporte que actualmente utiliza. Pareciera que el Estado no apoya firmemente este proceso de conversión porque teme una menor recaudación de impuestos⁹². Si este fuera el caso, el Estado debe evaluar la menor cantidad de ingresos recaudados con el beneficio social en términos de la salud de la población. Es muy probable que una población más saludable implique menos gastos en el sector salud y por consiguiente en la importación de medicinas.

Finalmente en un taller de conversión llevado a cabo en la UNT, personal de SENATI - Trujillo informó sobre las deficiencias en los trabajos de conversión llevado a cabo en Trujillo. Es necesario que la DRTC-LL y el Concejo Provincial de Trujillo, CPT, con la asesoría de SENATI – Trujillo, normen y supervisen la calidad de los trabajos de conversión hechos en los talleres de Trujillo. Una forma de impedir las conversiones informales es dar un certificado de idoneidad a los talleres que cumplan con las normas que exige SENATI – Trujillo. Cuidando la calidad de los equipos instalados y de la mano de obra usada en la conversión se asegura los ahorros en combustible y la limpieza del medio ambiente.

92 Si las ventas de gasolina y petróleo disminuyen por las conversiones a GLP y GNC, la recaudación de impuestos a los combustibles puede disminuir.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las principales conclusiones y recomendaciones que se deducen del análisis realizado son:

1. El proceso de conversión de vehículos gasolineros a duales es más complejo que lo que se pensó inicialmente. Consideraciones de beneficio/costo y fuentes de financiamiento no agotan el tema. Existen problemas de asimetría de la información, falta de conocimientos técnicos, temores, racionalidad limitada, descuido del mantenimiento de los vehículos, informalidad en los talleres de conversión y falta de conciencia ambiental. Las políticas de incentivo a las conversiones deben tomar en cuenta estos aspectos.
2. El incentivo más importante para realizar la conversión es el ahorro en combustible que obtiene el dueño de un vehículo dual. Los que más ahorran son los que más usan su vehículo. Por este motivo los taxistas tienen una ventaja sobre los dueños de vehículos particulares. Sin embargo, muchos dueños de taxis gasolineros conocen el ahorro, pero no deciden convertirse. Existen otras variables que restringen las opciones disponibles.
3. Una restricción importante es la falta de financiamiento. Se pensó que el acceso al crédito podía medir esta variable, pero la falta de ahorros personales resultó ser más importante. Por diversos motivos, los dueños de un solo vehículo (posiblemente a diferencia de los dueños de flotas) tienen temor a endeudarse. Por consiguiente, tanto la variable ahorro en combustible como acceso al crédito resultaron ser no significativas en los modelos.

4. Las variables dicótomas significativas fueron el conocimiento de la tecnología dual, el temor por la seguridad de los vehículos convertidos y el temor por la “escasez” de grifos surtidores de GLP. Estas tres variables son las que pueden cambiarse con facilidad mediante la política de limpieza del aire.
5. La medida de política, que permite cambiar el estado de estas tres variables y consecuentemente aumentar la probabilidad de conversión, es la difusión del conocimiento del proceso de conversión, de los equipos a instalar y de su mantenimiento y normas de uso. El conocimiento técnico, de la forma en que los vehículos a GLP operan eficientemente, permite disminuir los temores por la seguridad de los vehículos convertidos y por la escasez de grifos surtidores. Las medidas de difusión comprende organizar talleres en los que se presente la conversión como un cambio eficaz y útil para todos los vehículos gasolineros, emprender campañas de divulgación de la tecnología GLP de tal suerte que disminuyan los temores asociados al GLP, y organizar a la ciudadanía y las instituciones para apoyar la conversión de vehículos y otras medidas con efectos ecológicos benéficos.
6. El ahorro en combustible, que genera el uso del GLP, lo aprecian mejor los dueños con ingresos menores a S/. 1.500 mensual y con hijos menores a 18 años. Estas dos variables dicótomas resultaron ser significativas como determinantes de la conversión. Posiblemente los dueños sin hijos menores y con ingresos altos no sienten urgencia de ahorrar en combustible. Para inducirlos a convertirse es necesario presentar la conversión como una operación con ventajas privadas y sociales (ahorro en combustible, aceite y partes, mayor duración del motor, menor ruido y respeto al medio ambiente).
7. Para lograr todos estos beneficios es necesario también que los talleres de conversión tengan mano de obra calificada y usen kits de conversión de calidad. Las autoridades deben autorizar a los talleres aptos para este trabajo, de acuerdo a las normas que SENATI emplea para certificar las conversiones. Después de la conversión el mantenimiento es importante. Muchos vehículos convertidos se encuentran en malas condiciones y arrojan GLP por el tubo de escape. Las revisiones técnicas anuales permiten detectar estas anomalías y corregirlas.

8. Las dos últimas variables que resultaron ser significativas fueron la edad del dueño y la antigüedad del vehículo. Esta última se midió con el año de fabricación del vehículo. Los más renuentes a convertirse son los dueños de edad intermedia (50-60 años) con vehículos de antigüedad intermedia (fabricados entre 1975 y 1990). Las políticas diseñadas para los dueños de altos ingresos sin hijos pueden ser usadas también para este grupo, resaltando las ventajas del GLP y la racionalidad de la conversión.
9. Es necesario indicar que la conversión no es suficiente para limpiar el aire del Centro Histórico de Trujillo. Es imprescindible complementar la política de incentivo a las conversiones con restricciones de acceso, revisiones técnicas, impuestos más altos a los combustibles más contaminantes e importación de vehículos a GLP para su uso como taxis. Estas medidas complementan el trabajo de la conversión y deben aplicarse mientras el beneficio social sea mayor que el costo privado⁹³.
10. Finalmente, se conocen los beneficios y costos marginales de las medidas de mando y control y de los instrumentos de mercado diseñados para reducir la contaminación del aire. Existe literatura sobre estándares e instrumentos para algunas ciudades y países, en la que se hace uso de los límites máximos permisibles⁹⁴. En general, la aplicación de instrumentos no ha sido muy exitosa. La limpieza en los países avanzados se debe más al cambio tecnológico y a la costumbre de acatar las normas de control. Sin embargo, es posible obtener resultados significativos en Trujillo, mediante un convenio amplio de promoción de las conversiones, en el que estén comprometidos el Municipio Provincial, la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones, Defensoría del Pueblo, los talleres de conversión, SENATI, los dueños de vehículos, el gremio de taxistas, las ONGs que se dedican a proteger el medio ambiente, las universidades y las entidades financieras. En este acuerdo se podría perfilar instrumentos financieros, que permitan establecer un fondo que pueda financiar un programa de transformación de todos los vehículos a gasolina al sistema dual, en un mediano plazo.

93 Roger Perman y otros, op. Cit.

94 Por ejemplo, Carlos Bocanegra, en la obra citada, presenta tablas y gráficos sobre el estado de la contaminación en el centro de Trujillo en relación a los límites máximos permisibles.

REFERENCIAS

Bibliografía

BCRP

2006: "Medidas del gobierno para estabilizar los precios de los combustibles". Revista Moneda.
132. Lima: BCRP.

BOCANEGRA, CARLOS

2000 Impactos e Indicadores Ambientales en la Ciudad de Trujillo.
Trujillo: Empresa editora Nuevo Norte.

FIELD, BARRY C.

1995 Economía Ambiental.
Colombia: McGraw-Hill Interamericana S.A.

FRAJ, ELENA Y MARTINEZ, EVA.

2002 Comportamiento Ecológico de los Consumidores.
Madrid: Esic Editorial.

GALARZA, ELSA Y OTROS

2003 Implementación de Tecnologías Limpias en el Perú: el uso de GLP en taxis.
Documento de Trabajo 53, Lima: CIUP.

GESTA ZONAL DEL AIRE - TRUJILLO

2005 Diagnóstico de Línea Base de la Cuenca Atmosférica de Trujillo Metropolitano.
Trujillo: Dirección Regional de Salud, La Libertad.

GILPIN, ALAN

2003 Economía ambiental: un análisis crítico.
Mexico: Alfaomega Grupo Editor S.A.

GUJARATI, DAMODAR

2004 Econometría. Cuarta Edición.
México: McGraw-Hill Interamericana.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R.; FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P.

1998 Metodología de la investigación. 2ª. edición.
México: McGraw-Hill.

KIELY, GERALD

1999 Ingeniería Ambiental.

Madrid: McGraw-Hill / Interamericana de España.

KORK, MARCELO (2003)

2003 "La Contaminación del Aire". En la Revista Cuanto.

MILLER, TYLER

2002 Ciencia Ambiental, preservemos la tierra. 5ta Edición.

México: Internacional Thomson Editores S.A.

NAEHER, LUKE P., AGUILAR, MANUEL, BAYER, CHARLENE, ALLEN, JHON Y HAN, XIANGLU.

2002 Exposición Ocupacional a Contaminantes Automotrices de Particulado Fino (PM-2.5), Monóxido de Carbono (CO) y Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's).

Trujillo-USA. University of Georgia.

NICHOLSON, WALTER

2004 Teoría Microeconómica. 8ª Edición

Madrid: Internacional Thomson Editores Spain Paraninfo S.A.

PERLOFF, JEFFREY M.

2004 Microeconomía. 3ª Edición.

Madrid: Pearson Education S.A.

PERMAN, ROGER Y OTROS.

2003 Natural Resources & Environmental Economics.

Alemania: Edit. Prentice-Hall,

SAMUELSON, PAUL Y NORDHAUS, WILLIAM.

2006 Economía. Decimoctava Edición.

México: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S. A.

SISMONDI, DANIELA (COMPILADORA).

2003 Contaminación Atmosférica y Conciencia Ciudadana.

Santiago de Chile: CEPAL, UN.

STAVINS, ROBERT N.

1998 "What can we learn from the Grand Policy Experiment? Lessons from SO2 allowance trading".

USA: Journal of Economic Perspectives, Number 3, vol. 12, pp. 69-88.

VILLEGAS DIAZ, OMAR

2006 Crecimiento del Parque Vehicular en la Ciudad de Trujillo y su Efecto en la Contaminación del Centro de Trujillo.

Trujillo: UNT. Prueba de Capacidad Profesional (inédita).

Linkografía

1. “Noticias ‘Se inicia campaña por combustibles limpios’” del 20 de Julio de 2006 en (<http://www.aireasaludable.org/noticias/2004-10-22-combust-limpios.htm>)
2. “Tóxicos emitidos en la combustión” del 20-07-2006 en (< <http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi99/autos-y-polucion/Toxico.htm>>)
3. “Las emisiones de los automóviles: sinopsis” en (<<http://www.epa.gov/air/espanol/transporte/sinopsis.html>>)
4. “OPS/CEPIS/PUB/00.50 Pag.32, Acápite 2.2 ‘Guías y normas de calidad del aire en exteriores para contaminantes no tradicionales’ “ en la página Web del 20-07-2006 (<http://www.cepis.ops-oms.org/bvsci/E/fulltext/normas/2_2.pdf>)
5. “Municipalidad Provincial de Trujillo: Población” , página Web del 22 de Julio de 2006 en: (<<http://www.munitrujillo.gob.pe/PlanifCatastro/planifica/paginas/planDesMet3.htm>>)
6. “Gesta Trujillo: Zonal del aire de Trujillo” página Web del 22 de Julio de 2006 ubicada en (<<http://www.ucv.edu.pe/lima/GESTADELAIRETRUJILLO.pdf>>)
7. “El conflicto ambiental en San Mateo de Huanchor” del 23-07-2006 en (<http://peru.indymedia.org/news/2005/07/18200.php>).
8. “Sobre ganancias petroleras en el mundo ..y en el Perú”. Publicado el 2 de Agosto de 2006 en (<http://www.larepublica.com.pe/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=16&Itemid=484>)
9. “OSINERG: Scop Docs Estadística del mercado de combustibles” del 22-07-2006 en (<<http://www.osinerg.gob.pe/osinerg/homepage.jsp>>).
10. “The future demand for alternative fuel passenger vehicles: a preliminary literature review” del 23-07- 2006 en (<<http://aqp.engr.ucdavis.edu/Documents/caoMokhAFVinterimreport72003.pdf>>)
11. “Combustibles Ecológicos” en <http://www.calandria.org.pe/campanas/combustibles.pdf> .
- 12 “Climate non conformity” del 28-11-06 donde se cita a Sir Nicholas Stern, ex economista en jefe del Banco Mundial en (<<http://www.opinionjournal.com/editorial/feature.html?id=110009181>>).

ANEXO A

ENCUESTA PARA LOS DUEÑOS DE UN SOLO VEHÍCULO

Buenos días, en la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Trujillo estamos realizando un estudio sobre conversión de automóviles y camionetas no rurales a Gas Licuado de Petróleo o GLP. Esta encuesta tiene por finalidad conocer qué factores determinan que un dueño convierta su vehículo a GLP. Se aplica solamente a dueños de un solo automóvil o camioneta (station wagon, pick up o panel), que usan GLP/gasolina (DUALES) o gasolina sólo (GASOLINEROS).

Por ello, le agradeceríamos que respondiera a las siguientes preguntas. Le garantizamos la confidencialidad de los datos.

- Instrucciones:
- a. En los casilleros o puntos suspensivos se coloca la información requerida.
 - b. En el espacio entre paréntesis se marca con un aspa o se prioriza según el caso.

1. Coloque en los casilleros el número de vehículos de su propiedad según tipo y combustible usado.

USTED ES DUEÑO DE:	TIPO DE COMBUSTIBLE QUE USA EL VEHÍCULO				
	GLP sólo	GLP/Gasolina	Gasolina sólo	Petróleo	TOTAL
Automóviles					
Camioneta Station Wagon					
Camioneta Pick Up					
Camioneta Panel					
Otros					
TOTAL					

DUALES (los dueños de vehículos GASOLINEROS empiezan a responder en la pregunta 7)

2. Priorice las razones por las que Ud. convirtió su vehículo de gasolinero a dual: GLP/gasolina.

<input type="checkbox"/> El GLP contamina menos el ambiente	<input type="checkbox"/> El precio de la gasolina subía mucho
<input type="checkbox"/> Conocía algo acerca de la tecnología dual	<input type="checkbox"/> Existían suficientes grifos de GLP
<input type="checkbox"/> Confiaba en la seguridad del vehículo convertido	<input type="checkbox"/> Con GLP se gasta menos en combustible
<input type="checkbox"/> Motor limpio y ahorro en aceite y repuestos	<input type="checkbox"/> Otra/especificar

3. ¿Cómo Ud. financió específicamente la conversión de su vehículo? (Marque con un aspa)

<input type="checkbox"/> Tenía ahorros para hacer la conversión	<input type="checkbox"/> Tuve fácil acceso al crédito bancario
<input type="checkbox"/> Conseguí un préstamo de un familiar o conocido	<input type="checkbox"/> Otra/especificar

4. ¿Cuánto gasta al día en combustible? ¿Cuánto gastaba antes de la conversión?
 ¿En qué año convirtió su vehículo a dual? ¿En qué taller?
 ¿Cuánto pagó por la conversión? Marca del equipo colocado

¿Qué garantías, planos y otros documentos ha obtenido del taller de conversión?

.....

¿En qué tiempo va a recuperar o recuperó la inversión que hizo en la conversión?

Su vehículo es ()particular ()taxi ()colectivo ()movilidad escolar ()otro/especificar

¿Cuántas horas trabaja su vehículo por día?

¿Contamina el ambiente su vehículo más o menos que los gasolineros? ¿Por qué?

5. Priorice las ventajas que ha obtenido de su vehículo convertido.

- ()Contamina menos el medio ambiente ()Conoce mejor los vehículos duales
- ()Se conserva limpio el motor ()No le ha dado problemas el vehículo convertido
- ()Cobra más por alquilar su vehículo ()Confianza en la seguridad del vehículo convertido
- ()Ahorro en aceite y repuestos ()Los grifos surtidores de GLP dan buen servicio
- ()Gran ahorro en combustible ()Otras/especificar

6. Priorice las desventajas que Ud. ha encontrado en su vehículo convertido.

- ()Gastos en cambio de tarjeta de propiedad ()Necesitó reparaciones antes del cambio
- ()Reparaciones adicionales después del cambio ()Huele a gas en la cabina
- ()Pierde potencia cuando tiene peso ()Disminuye el espacio de la maletera
- ()Existen pocos grifos de GLP ()Otras/especificar

GASOLINEROS (los dueños de vehículos DUALES continúan en la pregunta 10)

7. ¿Cuánto gasta al día en combustible? ¿Cuánto cree que gastaría si fuera a gas?

¿Sabe cuánto cuesta la conversión de su vehículo a GLP? ¿De qué depende?.....

¿Qué garantías le ofrecen?

Su vehículo es ()particular ()taxi ()colectivo ()movilidad escolar ()otro/especificar

¿Cuántas horas trabaja su vehículo por día?

¿Contamina el ambiente su vehículo más o menos que los duales? ¿Por qué?

8. Priorice las razones por las que NO ha convertido su vehículo de gasolinero a dual gasolina/GLP.

- ()No dispone de ahorros para pagar la conversión ()El costo de conversión es muy caro
- ()Desconoce los procesos y la tecnología del GLP ()Lo prefiere auténtico, sin equipos extraños
- ()No sabe los costos ni beneficios de la conversión ()Recién he adquirido mi vehículo
- ()No hay seguridad, el gas es peligroso ()Prefiere vehículos a GLP de fábrica
- ()No hay especialistas ni buenos equipos de GLP ()Mi vehículo necesita antes reparación
- ()Espero que venga el gas natural de Camisea ()Disminuye el espacio de la maletera
- ()Existen muy pocos grifos de GLP ()Otra/especificar

9. Priorice las razones por las que no busca recursos en los bancos para financiar la conversión de su vehículo de gasolinero a dual: gasolina/GLP.

- ()Es difícil acceder al crédito bancario ()Los bancos piden requisitos y papeleo
- ()Teme no poder pagar las cuotas del préstamo ()No tiene ingresos fijos
- ()Los intereses que cobran son altos ()No me gusta endeudarme
- ()Es riesgoso, puedo perder el vehículo ()Otra/especificar

DUALES Y GASOLINEROS

10. Describa la frecuencia de mantenimiento de su vehículo en meses o kilómetros.

Marca del vehículo Año de Fabricación

Tipo de mantenimiento	Frecuencia en semanas, meses o kilómetros	Para duales: Frecuencia antes de convertir su vehículo
Cambio de aceite		
Cambio de repuestos		
Afinación del motor		
Otros/especificar		
.....		
.....		
.....		

Comentarios

11. Si doy más mantenimiento a mi vehículo, entonces (Marque con un aspa lo que es verdad para Ud.)

- Arrojaré menor contaminación al ambiente Incurriré en gastos o deudas a corto plazo
 Brindaré mayor seguridad a los pasajeros Mi vehículo rendirá más
 Haré menos gastos de reparación a largo plazo Tendré menos riesgos de accidentes
 Tendré menos dinero para alimentos Otro/especificar

12. Priorice las medidas de control de la contaminación en Trujillo que estaría dispuesto a aceptar.

- Acceso restringido por horas al Centro de Trujillo Entrada en días alternos según placa
 Un día sin autos al año en el Centro de Trujillo Entrada sólo para vehículos nuevos
 Ninguna medida Otras/especificar

13. ¿Qué porcentaje del gasto en combustible de un vehículo gasolinero se ahorra al convertirlo a dual: GLP/gasolina?

- No sabe 0% 10% 20% 30% 40% 50% o más

14. ¿Conoce Ud. la tecnología dual de los vehículos convertidos?

- nada muy poco poco, algo bastante, mucho

15. ¿Teme Ud. por la seguridad de los vehículos duales convertidos?

- nada muy poco poco, algo bastante, mucho

16. ¿Normalmente tiene Ud. acceso al crédito bancario? SÍ NO

17. ¿Si tuviera o ya tiene un vehículo GLP, temería o teme Ud. no encontrar un grifo cerca?

- nada muy poco poco, algo bastante, mucho

INFORMACIÓN ESTADÍSTICA (señale con un aspa entre los paréntesis y llene los puntos suspensivos)

- a. Sexo y Edad ()Mujer ()Hombre Edad : años
- b. Nivel de estudios () Primario () Secundario () Técnico () Superior
- c. Profesión y Ocupación:
- d. Ingreso mensual familiar total: ()Menos de 500 ()Entre 500 y 1,000
 ()Entre 1,000 y 1,500 ()Entre 1,500 y 2,000 ()Entre 2,000 y 2,500
 ()Entre 2,500 y 3,000 ()Más de 3,000
- e. Porcentaje del ingreso mensual familiar total que proviene de
 Mi vehículo %
 Otra fuente % Especifique la fuente
- f. Número de personas que viven en su hogar.(incluyéndose Ud.)
- g. Número de hijos que Ud. tiene (Coloque en los puntos suspensivos el número):
 Menores de 18 años Mayores de 18 años
- h. La casa donde vive es
 ()Propia ()Alquilada ()De los padres ()De los suegros ()Otro/especificar

ANEXO B

RESPUESTAS TABULADAS DE LA ENCUESTA

Este anexo presenta las tabulaciones de las respuestas emitidas a la encuesta de los dueños de vehículos. Como lo indica el Anexo A, las preguntas se dividen en tres partes: la primera va dirigida a los 83 dueños de vehículos duales (preguntas 2 - 6), la segunda a los 426 dueños de vehículos gasolineros (preguntas 7 - 9) y la tercera a ambos grupos (preguntas 10 - 17 y A - H). Las preguntas numeradas con letras se refieren a datos estadísticos de carácter socio-económico.

Las respuestas a la pregunta 1, Cuadro B.1, especifican el tipo de vehículo que poseen y el combustible que usan los dueños de vehículos. En total fueron encuestados 509 dueños, cuya composición por combustible y tipo de vehículo es como sigue.

CUADRO B.1
COMPOSICIÓN POR ESTRATOS DE LA MUESTRA

Tipo de vehículo	Duales	Gasolineros	TOTAL
Automóviles	35	309	344
Camionetas Satio Wagon	36	85	121
Camionetas Pick up	9	25	34
Camionetas Panel	3	7	10
TOTAL	83	426	509

Fuente: Elaboración del autor usando la encuesta seleccionada en base a porcentaje de la población por estratos.

A partir de la pregunta 2, se presentan las tabulaciones de vehículos duales, gasolineros y de ambos grupos. En todas las tabulaciones los datos se agrupan de acuerdo a las respuestas emitidas y su frecuencia. Si las respuestas están priorizadas, se muestra las frecuencias de las 3 prioridades emitidas. Por error algunos encuestados reportaron prioridades mayores a 3. Las frecuencias más altas se presentan con fondo de color.

Vehículos duales

Las respuestas a la pregunta 2 sobre motivos de conversión se presentan en el Cuadro B.2.

CUADRO B.2
MOTIVOS DE LA CONVERSIÓN DE GASOLINEROS A DUALES

2. Razones por las que Ud. convirtió su vehículo a dual.	Prioridades*		
	1	2	3
a. El GLP contamina menos el ambiente	7	17	11
b. El precio de la gasolina subía mucho	42	14	2
c. Conocía algo acerca de la tecnología dual	1	1	3
d. Existían suficientes grifos de GLP		1	1
e. Confiaba en la seguridad del vehículo convertido			4
f. Con GLP se gasta menos en combustible	21	11	5
g. Motor limpio y ahorro en aceite y repuestos	9	25	13
h. Otra		1	1

* Se eliminaron dos encuestados que marcaron Prioridad 4

Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

Resalta el precio de la gasolina y el ahorro en combustible. Como se verá más adelante, el ahorro en combustibles lo conocen bien los dueños de vehículos gasolineros.

En la pregunta 3 del Cuadro B.3 se pide al encuestado marcar una de las cuatro fuentes de financiamiento,

CUADRO B.3
FINANCIAMIENTO DE LA CONVERSIÓN DE GASOLINEROS A DUALES

3. ¿Cómo Ud. financió la conversión de su vehículo?	
a. Tenía ahorros para hacer la conversión	44
b. Tuve fácil acceso al crédito bancario	17
c. Conseguí un préstamo de un familiar o conocido	17
d. Otra	5
TOTAL	83

Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

Los ahorros personales son los más usados.

La pregunta 4 se presenta en dos cuadros, Cuadro B.4a y B.4b.

El Cuadro B.4a compara el pago actual de combustible con el gasto que se incurría antes de la conversión, a fin de determinar el monto del ahorro diario.

CUADRO B.4a
GASTO Y AHORRO DIARIO DE DUALES

Gasto diario			Ahorro	
Marca (S/.)	actual	anterior	Marca (S/.)	actual
10	10	1	-20	
20	11	10	-10	4
30	38	6	0	
40	19	14	10	21
50	2	23	20	37
60	2	16	30	11
70	1	2	40	5
80		4	50	2
90		2	60	1
100		3	70	
No sabe		2		2
TOTAL	83	83		83

Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

El ahorro promedio diario que perciben los convertidos es S/. 20.

El Cuadro B.4b mide una serie de indicadores de la conversión: el año de la conversión, el costo de la conversión, y el tiempo de recuperación de la inversión en la conversión, así como el uso del vehículo, horas diarias trabajadas y un juicio sobre la contaminación que arroja en relación a los vehículos gasolineros.

En este cuadro, las respuestas cuantitativas sobre la conversión se presentan en las 6 primeras columnas con sus respectivas frecuencias. Luego vienen las 4 columnas sobre el tipo de vehículo y uso diario con sus frecuencias. Finalmente en las columnas 11 y 12 se reporta la opinión de los dueños de duales respecto a la contaminación de sus vehículos.

CUADRO B.4b
CONVERSIÓN: AÑO, COSTO Y RECUPERACION, TIPO DE VEHICULO, USO Y CONTAMINACIÓN

Año	Conversión					Tipo de vehículo		Uso diario (horas)		Contaminación en relación a los gasolineros	
	Fr.	Costo (\$)	Fr.	Recup (meses)	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	
1998	0	390	5	3	11	Particular	20	3	4	más	0
1999	0	420	2	6	18	Taxi	57	6	14	igual	0
2000	0	450	5	9	7	Colectivo	4	9	27	menos	74
2001	2	480	10	12	8	Mobilidad	1	12	24		
2002	1	510	39	15	0	Otro	1	15	5		
2003	2	540	5	18	1			18			
2004	7	570	7	21	0			21	1		
2005	34	600	5	24	2			24	4		
2006	33	630	1	27	0			27			
No sabe	4	No sabe	4	No sabe	36			No sabe	4	No sabe	9
TOTAL	83	TOTAL	83	TOTAL	83	TOTAL	83	TOTAL	83	TOTAL	83

Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

La mayor parte de vehículos se convirtieron entre 2005-2006. Se pagó un promedio de S/. 510 por la conversión, que se recuperó en 6 meses aproximadamente. En la muestra de duales prevalecen los taxis, que normalmente operan uno o dos turnos diarios. Los convertidos son concientes de que contaminan menos.

Pasemos ahora a tabular las preguntas 5 y 6, que tienen que ver las ventajas y desventajas del uso del GLP en lugar de la gasolina que usaban antes.

El Cuadro B.5 ilustra los resultados de la pregunta sobre ventajas.

CUADRO B.5
VENTAJAS DE LA CONVERSIÓN DE GASOLINEROS A DUALES

5. Ventajas obtenidas del vehículo convertido	Prioridades*		
	1	2	3
a. Contamina menos el medio ambiente	12	6	8
b. Conoce mejor los vehículos duales		1	1
c. Se conserva limpio el motor	13	14	15
d. No ha ocasionado ningún problema	2	7	
e. Cobra más por alquilar su vehículo	4	1	1
f. Tiene confianza en la seguridad del vehículo			3
g. Ahorra en aceite y repuestos	5	22	3
h. Los grifos surtidores de GLP dan buen servicio	1		2
i. Obtiene ahorro en combustible	34	15	13
j. Otra	1	1	1

* Se eliminaron 11 encuestados que marcaron Prioridad 4 y 5.

Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

El ahorro en combustibles es la mayor ventaja en primera prioridad.

El Cuadro B.6 presenta las desventajas priorizadas.

CUADRO B.6
DESVENTAJAS DE LA CONVERSIÓN DE GASOLINEROS A DUALES

5. Desventajas encontradas en el vehículo convertido	Prioridades		
	1	2	3
a. Gastos en el cambio de la tarjeta de propiedad	28	6	1
b. Reparaciones necesarias antes del cambio	4	5	3
c. Reparaciones adicionales después del cambio	1	4	1
d. Olor a gas en la cabina	2	4	2
e. Pérdida de potencia	12	8	3
f. Disminución del espacio en la maletera	5	5	6
g. Existencia de pocos grifos de GLP	11	10	5
j. Otra	18	3	

Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

Casi no hay desventajas que sobresalgan. Un poco resalta los gastos en los cambios de tarjeta de propiedad.

Vehículos Gasolineros

Pasemos ahora a considerar las preguntas 7 – 9, dirigidas a los 426 dueños de vehículos gasolineros.

La pregunta 7 es similar a la pregunta 4 dirigida a duales. Se refiere al gasto en combustible, costo estimado de conversión, tipo de vehículo, horas diarias de uso y contaminación en relación a duales y se presenta en dos cuadros, los Cuadros B.7a y B.7b.

A fin de comparar la percepción del gasto y ahorro diario de los gasolineros con la de los duales, ya analizamos en el Cuadro B.4a, integramos este cuadro en el Cuadro B.7a.

CUADRO B.7a
COMPARACIÓN DEL GASTO Y AHORRO DIARIO

GASOLINEROS					DUALES				
Marca S/.	Gasto diario		Marca S/.	Ahorro	Marca S/.	Gasto diario		Marca S/.	Ahorro
	actual	si fuera dual		si fuera dual		actual	anterior		actual
10	56	91	-20	2	10	10	1	-20	
20	73	115	-10		20	11	10	-10	4
30	75	107	0	16	30	38	6	0	
40	122	20	10	139	40	19	14	10	21
50	70	2	20	128	50	2	23	20	37
60	17		30	40	60	2	16	30	11
70	7		40	7	70	1	2	40	5
80	2		50	2	80		4	50	2
90			60		90		2	60	1
100	1		70		100		3	70	
No sabe	3	91		92	No sabe		2		2
TOTAL	426	426		426	TOTAL	83	83		83

Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

Se percibe similitud en la respuesta de ambos grupos en cuanto al ahorro diario. El conocimiento del ahorro que significa usar GLP en lugar de gasolina no es un determinante de la conversión

El Cuadro B.7b se refiere costo estimado de conversión, tipo de vehículo, uso diario y contaminación.

En él, las primeras 2 columnas reportan en cuanto estiman el costo de conversión los dueños de vehículos gasolineros con sus respectivas frecuencias. Luego las siguientes columnas tabulan el tipo de vehículo, las horas diarias que trabaja el vehículo y la contaminación que emite en relación a los vehículos duales.

CUADRO B.7b
COSTO, TIPO DE VEHICULO, USO Y CONTAMINACIÓN DE GASOLINEROS

Costo estim. de conversión (dólares)		Tipo de vehículo		Uso diario (horas)		Contaminación en relación a los duales	
	Frec		Frec		Frec		
360	11	Particular	178	0	0	más	220
390	18	Taxi	241	3	99	igual	42
420	4	Colectivo	5	6	44	menos	34
450	9	Movilidad	1	9	91		
480	5	Otro	0	12	108		
510	198			15	41		
540	17			18	4		
570	5			21			
600	50			24	10		
630	20			27			
No sabe	89		1	No sabe	29	No sabe	130
TOTAL	426	TOTAL	426	TOTAL	426	TOTAL	426

Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

El costo promedio estimado es \$ 510, igual que la estimación de los dueños de duales. Prevalecen también los taxis, pero existen más particulares que en el caso de los duales. Prevalece un turno en el uso diario y los dueños de vehículos gasolineros saben que contaminan el ambiente más que los duales.

A continuación se presenta los resultados sobre los motivos de la no conversión de los gasolineros.

Esta pregunta es similar a la pregunta 2 hecha a los dueños de duales sobre los motivos de su conversión.

El Cuadro B.8 presenta las respuestas priorizadas a la pregunta de “¿porqué no se convirtieron?”.

Varios marcaron erradamente prioridad 4 y 5 y fueron eliminados de la presentación.

CUADRO B.8
MOTIVOS DE LA NO CONVERSIÓN DE GASOLINEROS A DUALES

8. Razones por las que no convirtió su vehículo a dual.	Prioridades*		
	1	2	3
a. No dispone de ahorros para pagar la conversión	166	56	8
b. El costo de la conversión es muy caro	81	88	20
c. Desconoce los procesos y la tecnología GLP	33	32	13
d. Prefiere su vehículo auténtico, sin equipos extraños	24	6	7
e. No sabe los costos ni beneficios de la conversión	15	23	32
f. Recién ha adquirido su vehículo	3	5	4
g. No hay seguridad, el GLP es peligroso	14	19	11
h. Prefiere vehículos a GLP de fábrica	6	19	5
i. No hay especialistas ni buenos equipos de GLP	10	15	7
j. El vehículo necesita antes una reparación	11	13	15
k. Espero que venga el gas natural de Camisea	4	13	10
l. La conversión disminuye el espacio de la maletera	14	18	16
m. Existen pocos grifos de GLP	7	14	21
h. Otra	34	11	6

* Se eliminaron 8 encuestados que marcaron Prioridad 4 y 5

Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

La falta de ahorros personales es la principal razón que reportan para su rechazo a la conversión.

Frente a la falta de ahorros para la conversión, la pregunta 9 indaga sobre la razón de no acudir a las entidades bancarias para recibir apoyo financiero. Las razones priorizadas se presentan en el Cuadro B.9.

CUADRO B.9
RAZONES POR LAS QUE NO ACUDE A LOS BANCOS POR FINANCIAMIENTO

9. Razones por las que no acude a los bancos	Prioridades		
	1	2	3
a. Es difícil acceder al crédito bancario	53	15	4
b. Los bancos piden muchos requisitos y papeleo	55	46	9
c. Teme no poder pagar las cuotas del préstamo	23	27	13
d. No tiene ingresos fijos para pagar cuotas fijas	29	16	12
e. Los intereses que cobran son muy altos	48	52	23
f. No me gusta endeudarme	86	23	16
g. El préstamo es riesgoso, puedo perder el vehículo	21	21	10
h. Otra	86	8	2

* Se eliminaron 3 encuestados que marcaron Prioridad 4.

Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

Existen muchas y diversas razones. En general, no acuden a los bancos por motivos más emocionales que racionales.

Determinantes de la conversión

A partir de la pregunta 10 hasta el final, la encuesta se dirige a toda la muestra obtener los valores de los determinantes de la conversión postulados y otra información complementaria de carácter socio-económico.

Las respuestas de cada pregunta se agruparon según la condición de vehículo gasolinero y dual con sus respectivos porcentajes. Existen respuestas con mayor porcentaje de gasolineros y otras de duales.

Los casilleros con mayores porcentajes se presentan con un color de relleno. Este procedimiento permite determinar umbrales o puntos de cambio de duales a gasolineros y viceversa tanto para variables cuantitativas como cualitativas.

Un determinante de carácter dicotómico debe tener un solo umbral.

Un determinante cuantitativo puede tener uno o dos umbrales. Dos umbrales implican influencia de carácter no lineal.

Una forma sencilla de especificar una variable con dos umbrales o inflexiones es mediante un polinomio de segundo grado.

Empezamos con la pregunta 10 sobre mantenimiento y otros datos técnicos. La única respuesta que se pudo tabular fue el año de fabricación del vehículo. Los resultados se presentan en el Cuadro B.10.

CUADRO B.10
AÑO DE FABRICACIÓN DEL VEHÍCULO

Vehículos	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	No sabe	Total
Gasolineros	0	3	6	18	49	70	200	59	3	18	426
%	0.00	0.70	1.41	4.23	11.50	16.43	46.95	13.85	0.70	4.23	100.00
Duales	1	1		1	5	12	39	19		5	83
%	1.20	1.20	0.00	1.20	6.02	14.46	46.99	22.89	0.00	6.02	100.00
TOTAL	1	4	6	19	54	82	239	78	3	23	509
%	0.20	0.79	1.18	3.73	10.61	16.11	46.95	15.32	0.59	4.52	100.00

Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

Los porcentajes cambian en 1970-1975 y en 1990-1995 (dos umbrales). El año de fabricación influye en la conversión en forma no lineal.

Las respuestas a la pregunta 11 reportan las razones por las que el dueño de un vehículo piensa que es necesario darle un mantenimiento frecuente.

Tanto los dueños de vehículos gasolineros como duales relacionan el mantenimiento con el rendimiento del vehículo, el ahorro en los gastos de reparación, la mayor seguridad otorgada a los pasajeros y el medio ambiente, como lo indica el Cuadro B.11 .

CUADRO B.11
RAZONES DEL MANTENIMIENTO FRECUENTE AL VEHÍCULO

11. Si doy más mantenimiento a mi vehículo, entonces	Gasolineros	%	Duales	%	TOTAL
a. Arrojaré menos contaminación al ambiente	179	82.49	38	17.51	217
b. Incurriré en mas gastos o deudas a corto plazo	27	84.38	5	15.63	32
c. Brindaré mayor seguridad a los pasajeros	150	81.52	34	18.48	184
d. Mi vehículo rendirá más	222	82.84	46	17.16	268
e. Haré menos gastos de reparación a largo plazo	180	79.30	47	20.70	227
f. Tendré menor riesgo de cometer accidentes	87	84.47	16	15.53	103
g. Tendré más dinero sobrante para alimentos	13	65.00	7	35.00	20
h. Otra	20	90.91	2	9.09	22

Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

El mantenimiento se asocia al mayor rendimiento, menor gasto y menor contaminación en ambos grupos.

Las respuestas a la pregunta 12 se muestran en el Cuadro B.12 y trata sobre la aceptación de medidas de control de la contaminación usando prioridades.

CUADRO B.12
ACEPTACIÓN DE MEDIDAS DE CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN

12. ¿Qué medidas de control estaría dispuesto a aceptar?	Prioridades de gasolineros*			Prioridades de duales			Prioridades Total		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
a. Acceso restringido por horas al centro de Trujillo	86	19		18	4	1	104	23	1
b. Entrada al centro en días alternos según placa	40	11	7	9	5		49	16	7
c. Un día al año sin autos en el centro de Trujillo	115	26	2	22	5	1	137	31	3
d. Entrada sólo para vehículos nuevos	28	3	1	6	2	2	34	5	3
e. Ninguna medida	143	3		31	0		174	3	
h. Otra	36	10	3	2	7		38	17	3

* Se eliminó un encuestado que marcó Prioridad 4.

Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

Tanto los dueños de vehículos gasolineros como duales aceptan el acceso restringido y un día sin autos. Pero preferirían no tener ninguna medida de control.

A continuación analizamos las preguntas 13 a la 17 referidas a los 5 determinantes de conversión postulados en el proyecto.

Empezamos describiendo las respuestas tabuladas. Solamente el primer determinante (Pregunta 13), ahorro en combustible, es cuantitativo; los demás (Preguntas 14-17) son cualitativos. El Cuadro B.13 presenta las respuestas de las 5 preguntas con sus respectivas frecuencias.

CUADRO B.13
AHORRO, TECNOLOGÍA, SEGURIDAD, CRÉDITO Y GRIFOS GLP

Pregunta 13		Pregunta 14		Pregunta 15		Pregunta 16		Pregunta 17	
Ahorro combust. de duales	Frec	Conoce tecnología de duales	Frec	Teme por seguridad de duales	Frec	Tiene acceso al crédito	Frec	Teme no encontrar grifos GLP	Frec
0%	24	nada	145	nada	168	SI	265	nada	96
10%	14	muy poco	151	muy poco	121	NO	243	muy poco	119
20%	39	poco, algo	183	poco, algo	149			poco, algo	165
30%	85	bastante	29	bastante	70			bastante	124
40%	113								
50%	162								
No sabe	72	No sabe	1	No sabe	1	No sabe	1	No sabe	5
TOTAL	509	TOTAL	509	TOTAL	509	TOTAL	509	TOTAL	509

Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

Las cinco preguntas tienen respuestas bastante uniformes. Solamente en relación al porcentaje de ahorros en combustibles, la mayoría opina que se encuentra entre 40% y 50%.

El Cuadro B.14 cruza la pregunta 13, ahorro en combustible, con la condición de duales y gasolineros.

CUADRO B.14
AHORRO EN COMBUSTIBLE EN RELACIÓN A LA CONVERSIÓN

Vehículos	Ahorro en combustible de duales en relación a gasolineros							TOTAL
	0%	10%	20%	30%	40%	50%	No sabe	
Gasolineros	23	12	29	69	89	136	68	426
%	5.40	2.82	6.81	16.20	20.89	31.92	15.96	100.00
Duales	1	2	10	16	24	26	4	83
%	1.20	2.41	12.05	19.28	28.92	31.33	4.82	100.00
TOTAL	24	14	39	85	113	162	72	509
%	4.72	2.75	7.66	16.70	22.20	31.83	14.15	100.00

Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

No se encuentra diferencia porcentual entre ambos grupos. Es posible que otras razones hayan influido o segmentos específicos de los dueños sientan la necesidad de ahorrar.

En el Cuadro B.15 se cruzan las preguntas 14, 15 y 17 con la condición de convertidos y no convertidos. Estas preguntas se refieren al conocimiento de la tecnología, al temor por la seguridad de los convertidos y al temor la escasez de grifos GLP.

CUADRO B.15
TECNOLOGÍA, SEGURIDAD Y GRIFOS GLP EN RELACIÓN A LA CONVERSIÓN

Vehículos	14. ¿Conoce Ud. la tecnología dual de los vehículos convertidos?					TOTAL
	nada	muy poco	poco, algo	bastante	No sabe	
Gasolineros	135	132	141	18	0	426
%	31.69	30.99	33.10	4.23	0.00	100.00
Duales	10	19	42	11	1	83
%	12.05	22.89	50.60	13.25	1.20	100.00
TOTAL	145	151	183	29	1	509
%	28.49	29.67	35.95	5.70	0.20	100.00
Vehículos	15. ¿Teme Ud. por la seguridad de los vehículos convertidos?					TOTAL
	nada	muy poco	poco, algo	bastante	No sabe	
Gasolineros	129	100	130	66	1	426
%	30.28	23.47	30.52	15.49	0.23	100.00
Duales	39	21	19	4	0	83
%	46.99	25.30	22.89	4.82	0.00	100.00
TOTAL	168	121	149	70	1	509
%	33.01	23.77	29.27	13.75	0.20	100.00
Vehículos	17. ¿Si tuviera o tiene un dual, temería o teme no encontrar un grifo cerca?					TOTAL
	nada	muy poco	poco, algo	bastante	No sabe	
Gasolineros	72	96	148	105	5	426
%	16.90	22.54	34.74	24.65	1.17	100.00
Duales	24	23	17	19	0	83
%	28.92	27.71	20.48	22.89	0.00	100.00
TOTAL	96	119	165	124	5	509
%	18.86	23.38	32.42	24.36	0.98	100.00

Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

Los dueños de vehículos gasolineros y duales muestran diferencias claras en sus respuestas a estas tres preguntas. Los porcentajes altos cambian de grupo en la mitad de la escala cualitativa para las tres preguntas. Este umbral permitió dividir las respuestas en dos atributos que indican la presencia o ausencia de conocimiento y temor.

Pasemos ahora a cruzar las respuestas a la pregunta 16, acceso al crédito, con la condición de gasolineros y duales, como lo ilustra el Cuadro B.16.

CUADRO B.16
ACCESO AL CRÉDITO Y CONVERSIÓN

Vehículos	16. ¿Tiene acceso al crédito?			TOTAL
	SI	NO	No sabe	
Gasolineros	222	203	1	426
%	52.11	47.65	0.23	100.00
Duales	43	40	0	83
%	51.81	48.19	0.00	100.00
TOTAL	265	243	1	509
%	52.06	47.74	0.20	100.00

Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

Los resultados indican que no existe diferencia porcentual entre gasolineros y duales, contrario a lo postulado.

Los cuadros B.17 a B.19 los presentan los resultados de las preguntas A – H.

El Cuadro B.17 presenta las variables sexo, la edad, los estudios y el tipo de vivienda cruzadas con la condición de gasolinero y dual.

CUADRO B.17

SEXO, EDAD, ESTUDIOS Y TIPO DE VIVIENDA EN RELACIÓN A LA CONVERSIÓN

Vehículos	A1. Sexo			B. Educación					
	Hombre	Mujer	TOTAL	Primaria	Secund.	Técnic	Super.	No dice	TOTAL
Gasolineros	401	25	426	25	167	53	178	3	426
%	94.13	5.87	100.00	5.87	39.20	12.44	41.78	0.70	100.00
Duales	81	2	83	4	40	10	28	1	83
%	97.59	2.41	100.00	4.82	48.19	12.05	33.73	1.20	100.00
TOTAL	482	27	509	29	207	63	206	4	509
%	94.70	5.30	100.00	5.70	40.67	12.38	40.47	0.79	100.00
A2. Edad en años (clases de 10 años; las frecuencias son presentadas en relación a las marcas de clase)									
Vehículos	20	30	40	50	60	70	80	No dice	TOTAL
Gasolineros	15	89	143	91	59	20	4	5	426
%	3.52	20.89	33.57	21.36	13.85	4.69	0.94	1.17	100.00
Duales	7	26	31	8	5	5	1	0	83
%	8.43	31.33	37.35	9.64	6.02	6.02	1.20	0.00	100.00
TOTAL	22	115	174	99	64	25	5	5	509
%	4.32	22.59	34.18	19.45	12.57	4.91	0.98	0.98	100.00
H. La casa donde vive es (pregunta referida a la clase de vivienda que ocupa el dueño del vehículo)									
Vehículos	Propia	Alquilada	De padres	De suegros				Otro	TOTAL
Gasolineros	262	59	72	21				6	426
%	61.50	13.85	16.90	4.93				1.41	100.00
Duales	43	13	21	4				1	83
%	51.81	15.66	25.30	4.82				1.20	100.00
TOTAL	305	72	93	25				7	509
%	59.92	14.15	18.27	4.91				1.38	100.00

Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

Las únicas diferencias porcentuales entre gasolineros y duales que resaltan son las referidas a la edad del dueño del vehículo. La edad influye en la conversión en forma no lineal.

El Cuadro B.18 presenta el ingreso familiar y sus fuentes cruzado por la condición de gasolineros y duales.

CUADRO B.18
INGRESO Y SUS FUENTES EN RELACIÓN A LA CONVERSIÓN

Vehic.	D. Ingreso mensual familiar total (en miles de soles)												No sabe	TOTAL
	<0.5	0.5-1	1-1.5	1.5-2	2-2.5	2.5-3	>3							
Gasol.	18	146	119	65	24	24	23						7	426
%	4.23	34.27	27.93	15.26	5.63	5.63	5.40						1.64	100.00
Duales	8	34	24	10	2	1	4						0	83
%	9.64	40.96	28.92	12.05	2.41	1.20	4.82						0.00	100.00
TOTAL	26	180	143	75	26	25	27						7	509
%	5.11	35.36	28.09	14.73	5.11	4.91	5.30						1.38	100.00
Vehic.	E1. Porcentaje del ingreso familiar que proviene del uso del vehículo												No sabe	TOTAL
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100			
Gasol.	154	1	5	18	11	30	17	17	15	1	150	7	426	
%	36.15	0.23	1.17	4.23	2.58	7.04	3.99	3.99	3.52	0.23	35.21	1.64	100.00	
Duales	14	0	4	3	2	7	2	4	1	0	45	1	83	
%	16.87	0.00	4.82	3.61	2.41	8.43	2.41	4.82	1.20	0.00	54.22	1.20	100.00	
TOTAL	168	1	9	21	13	37	19	21	16	1	195	8	509	
%	33.01	0.20	1.77	4.13	2.55	7.27	3.73	4.13	3.14	0.20	38.31	1.57	100.00	
Vehic.	E2. Porcentaje del ingreso familiar que proviene de otra fuente												No sabe	TOTAL
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100			
Gasol.	149	1	14	17	16	31	9	19	6	1	154	9	426	
%	34.98	0.23	3.29	3.99	3.76	7.28	2.11	4.46	1.41	0.23	36.15	2.11	100.00	
Duales	45	0	1	4	2	7	2	2	5	0	14	1	83	
%	54.22	0.00	1.20	4.82	2.41	8.43	2.41	2.41	6.02	0.00	16.87	1.20	100.00	
TOTAL	194	1	15	21	18	38	11	21	11	1	168	10	509	
%	38.11	0.20	2.95	4.13	3.54	7.47	2.16	4.13	2.16	0.20	33.01	1.96	100.00	

Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

Solamente el ingreso discrimina entre gasolineros y duales. Las fuentes del ingreso son completamente aleatorias. En porcentajes, existen más convertidos entre los dueños de bajos ingresos que entre los de altos ingresos.

Finalmente el Cuadro B.19 presenta las respuestas para el número de personas en el hogar (F), número de hijos menores de 18 años (G1) y número de hijos mayores a 18 años (G2). Todas las respuestas están cruzadas con la condición de gasolineros y duales.

CUADRO B.19
PERSONAS EN EL HOGAR, HIJOS MENORES Y MAYORES EN RELACIÓN A LA CONVERSIÓN

Vehículos	F. Número de personas que viven en su hogar (incluyéndose Ud.)												TOTAL
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	No sabe	
Gasolineros	1	8	27	62	122	94	54	15	18	2	3	20	426
%	0.23	1.88	6.34	14.55	28.64	22.07	12.68	3.52	4.23	0.47	0.70	4.69	100.00
Duales	0	0	6	9	23	26	10	2	4		2	1	83
%	0.00	0.00	7.23	10.84	27.71	31.33	12.05	2.41	4.82	0.00	2.41	1.20	100.00
TOTAL	1	8	33	71	145	120	64	17	22	2	5	21	509
%	0.20	1.57	6.48	13.95	28.49	23.58	12.57	3.34	4.32	0.39	0.98	4.13	100.00
Vehículos	G1. Número de hijos menores de 18 años												TOTAL
	0	1	2	3	4	5	6					No sabe	
Gasolineros	158	108	106	37	8	1	0					8	426
%	37.09	25.35	24.88	8.69	1.88	0.23	0.00					1.88	100.00
Duales	19	26	27	6	2	1	1					1	83
%	22.89	31.33	32.53	7.23	2.41	1.20	1.20					1.20	100.00
TOTAL	177	134	133	43	10	2	1					9	509
%	34.77	26.33	26.13	8.45	1.96	0.39	0.20					1.77	100.00
Vehículos	G2. Número de hijos mayores de 18 años												TOTAL
	0	1	2	3	4	5	6	7				No sabe	
Gasolineros	268	45	56	25	12	6	5	1				8	426
%	62.91	10.56	13.15	5.87	2.82	1.41	1.17	0.23				1.88	100.00
Duales	62	6	10	4	0	0	0	0				1	83
%	74.70	7.23	12.05	4.82	0.00	0.00	0.00	0.00				1.20	100.00
TOTAL	330	51	66	29	12	6	5	1				9	509
%	64.83	10.02	12.97	5.70	2.36	1.18	0.98	0.20				1.77	100.00

Fuente: Elaboración propia en base a Encuesta sobre conversión de vehículos a GLP.

El número de hijos mayores o menores de 18 años si parece discriminar entre ambos grupos.

En resumen, este apéndice confirma que el ahorro en combustible y el acceso al crédito dejan de ser determinantes importantes porque tanto los convertidos como los no convertidos presentan porcentajes similares.

Del análisis porcentual, los determinantes finales más relevantes resultaron ser a) las 3 dicótomas de conocimiento de la tecnología, temor por la seguridad y temor por no encontrar un grifo cerca (esta última es un poco débil en su influencia), b) el año de fabricación del vehículo, c) La edad del dueño del vehículo, d) la dicótoma ingresos menores a S/. 1,500, y e) la dicótoma de poseer hijos menores de 18 años.

ANEXO C

EL MODELO LINEAL DE PROBABILIDAD Y LA CORRECCIÓN DE LA HETEROSCEDASTICIDAD

Con los datos de la Encuesta se construyó inicialmente modelos lineales de probabilidad, MLP, de conversión. El primer modelo regresionado fue el especificado en el Cuadro 4.1 del Capítulo 4. Se trata de un MLP no ponderado, cuyos resultados se presenta en el Cuadro C.1.

Cuadro C.1
MODELO LINEAL DE PROBABILIDAD

Dependent Variable: Y				
Method: Least Squares				
Date: 12/06/06 Time: 19:28				
Sample: 1 509				
Included observations: 463				
Excluded observations: 46				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3063.118	1139.931	2.687108	0.0075
INGRBAJOS	0.084987	0.03513	2.419193	0.0159
HIJOSCHICOS	0.122317	0.037314	3.27802	0.0011
CONOCTECN	0.13375	0.033116	4.038796	0.0001
TEMESEGUR	-0.09539	0.033624	-2.83693	0.0048
TEMENOGRIFF	-0.056973	0.033891	-1.681049	0.0934
FABRIC	-3.084337	1.146396	-2.690464	0.0074
FABRIC^2	0.000777	0.000288	2.694555	0.0073
EDAD	-0.035326	0.009139	-3.865197	0.0001
EDAD^2	0.000364	0.0001	3.640784	0.0003
R-squared	0.144017	Mean dependent var	0.164147	
Adjusted R-squared	0.127011	S.D. dependent var	0.370809	
S.E. of regression	0.346462	Akaike info criterion	0.739272	
Sum squared resid	54.37616	Schwarz criterion	0.82864	
Log likelihood	-161.1416	F-statistic	8.468479	
Durbin-Watson stat	0.294008	Prob(F-statistic)	0.00000	

Fuente: Elaboración usando EViews en base a datos de la Encuesta.

De este cuadro se deduce que todas las variables determinantes tienen el signo esperado y son significativas, excepto la variable TEMENOGRIFF, temor de no encontrar un grifo cerca. TEMENOGRIFF tiene el signo esperado, pero el valor t de su coeficiente tiene una probabilidad de $p = 0,0934$. Este valor es mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$. Sin embargo, el hecho de poseer un coeficiente no significativamente diferente de cero era previsible a partir del análisis de la encuesta. En el Cuadro B.16 (Pregunta 17) del Anexo B, la diferencia en porcentaje entre gasolineros y duales para TEMENOGRIFF es baja. Los gasolineros tienen ligeramente un mayor temor de no encontrar un grifo cerca que los duales. La razón del poco temor refleja la situación real de Trujillo. En efecto, en Trujillo existen 4 grifos surtidores de GLP (dos de ellos pertenecen a Repsol S. A) y están ubicados estratégicamente: dos en la zona Norte (la más populosa), uno en el Centro y uno en el Sur de la ciudad. Además, en la ciudad de Trujillo existen

solamente un poco más de 2,000 vehículos duales. Además, si a los vehículos duales se les acaba el GLP, pueden usar su tanque de gasolina para llegar al grifo surtidor. Esto explica en parte la baja significancia de TEMENOGRIF.

El modelo MPL sin ponderar normalmente viola el supuesto de homoscedasticidad. La prueba más utilizada para detectar heteroscedasticidad es el estadístico de White. Para obtener el estadístico de White se regresa los residuos al cuadrado del modelo original respecto a las variables explicativas en su forma simple y elevadas al cuadrado. También a veces se emplea términos cruzados. El Cuadro C.2 presenta los resultados de la Prueba de White sin términos cruzados.

Cuadro C.2
PRUEBA DE WHITE DEL MODELO MLP

White Heteroskedasticity Test:				
F-statistic	7.669035	Probability	0.00000	
Obs*R-squared	67.16149	Probability	0.00000	
Test Equation:				
Dependent Variable: RESID^2				
Method: Least Squares				
Date: 12/30/06 Time: 17:27				
Sample: 1 509				
Included observations: 463				
Excluded observations: 46				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	815.5916	306.848	2.657967	0.0081
INGRBAJOS	0.055332	0.018830	2.938456	0.0035
HIJOSCHICOS	0.051667	0.020507	2.519452	0.0121
CONOCTECN	0.078009	0.017763	4.391594	0.0000
TEMESEGUR	-0.046528	0.018022	-2.581739	0.0101
TEMENOGRIF	-0.026769	0.018413	-1.453790	0.1467
FABRIC	-0.547783	0.205714	-2.662840	0.0080
(FABRIC^2)^2	1.75E-11	6.54E-12	2.679960	0.0076
EDAD	-0.008973	0.015973	-0.561789	0.5745
EDAD^2	5.01E-05	0.000264	0.189720	0.8496
(EDAD^2)^2	6.79E-09	1.87E-08	0.363732	0.7162
R-squared	0.145057	Mean dependent var	0.117443	
Adjusted R-squared	0.126143	S.D. dependent var	0.198613	
S.E. of regression	0.185664	Akaike info criterion	-0.506282	
Sum squared resid	15.58099	Schwarz criterion	-0.407978	
Log likelihood	128.2043	F-statistic	7.669035	
Durbin-Watson stat	0.528501	Prob(F-statistic)	0.000000	

Fuente: Elaboració usando EViews en base a datos de la Encuesta.

La fórmula de White es un estadístico probador chi-cuadrado cuya fórmula es $n * R^2$. Su valor en el cuadro es $Obs * R\text{-squared} = 67,16$. El valor crítico, para 10 grados de libertad (número de estimadores menos uno) y 95% de nivel de confianza, es 18,307. Claramente el probador se encuentra a la derecha

del valor crítico y se rechaza la hipótesis nula de homoscedasticidad. Este resultado era previsible porque los errores del modelo MLP son binomiales y su varianza cambia de acuerdo a la fórmula: $Var(error_i) = (Y_i^{estimado})^*(1 - Y_i^{estimado})$. La principal consecuencia de la heteroscedasticidad es tener estimadores MCO no eficientes.

Para eliminar el problema de la heteroscedasticidad se volvió a regresionar este modelo modificando las variables y el intercepto con su ponderador. El ponderador usado fue la inversa de la raíz cuadrada de la estimación de la varianza de los errores del modelo sin ponderar. Los resultados del modelo MLP ponderado se presentan en el Cuadro C.3.

CUADRO C.3
MODELO MPL PONDERARADO

Dependent Variable: Y				
Method: Least Squares				
Date: 12/06/06 Time: 19:41				
Sample(adjusted): 1 507				
Included observations: 406				
Excluded observations: 101 after adjusting endpoints				
Weighting series: 1/RW				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2991.957	1148.753	2.604526	0.0095
INGRAJOS	0.098312	0.026546	3.703438	0.0002
HIJOSCHICOS	0.116963	0.029180	4.008281	0.0001
CONOCTECN	0.148888	0.028485	5.226911	0.0000
TEMESEGUR	-0.104598	0.026021	-4.019701	0.0001
TEMENOGRI	-0.047379	0.027960	-1.694512	0.0910
FABRIC	-3.013427	1.154730	-2.609638	0.0094
FABRIC^2	0.000759	0.000290	2.615496	0.0093
EDAD	-0.035700	0.008145	-4.382949	0.0000
EDAD^2	0.000359	8.84E-05	4.057488	0.0001
Weighted Statistics				
R-squared	0.077523	Mean dependent var	0.135256	
Adjusted R-squared	0.056557	S.D. dependent var	0.292520	
S.E. of regression	0.284128	Akaike info criterion	0.345539	
Sum squared resid	31.96858	Schwarz criterion	0.444217	
Log likelihood	-60.14433	F-statistic	9.569753	
Durbin-Watson stat	0.322303	Prob(F-statistic)	0.000000	
Unweighted Statistics				
R-squared	0.134384	Mean dependent var	0.184729	
Adjusted R-squared	0.114711	S.D. dependent var	0.388556	
S.E. of regression	0.365592	Sum squared resid	52.92839	
Durbin-Watson stat	0.223576			

Fuente: Elaboración usando Eviews en base a datos de la Encuesta.

Es necesario aclarar el tema de los ponderadores. Dado que la varianza del modelo MLP es $w_i = (Y_i^{estimado})^*(1 - Y_i^{estimado})$, entonces la raíz cuadrada de esta varianza es $rw_i = \sqrt{w_i}$. Por consiguiente, todo

el modelo se multiplica por el factor $(1 / r_{w_i})$ antes de estimarlo. En este proceso, algunos valores de Y_i^{estimado} no están acotadas entre cero y uno. Para evitar tener ponderadores incorrectos con estos valores se eliminó todas las observaciones cuyo valor estimado fuese mayor a uno o menor a cero. Este proceso hizo perder grados de libertad de 463 que tenía el modelo MLP simple a 406 que corresponde al MLP ponderado.

En el modelo ponderado el valor de R^2 ajustado disminuye de 0,14 en el modelo sin ponderar a 0,078. Sin embargo, la significancia de cada determinante aumenta sin cambiar los signos esperados. Este aumento es el esperado porque al ponderar las variables, la varianza del modelo y de los estimadores disminuye aumentando la eficiencia y significancia de los mismos. Las observaciones excluidas pasaron de 46 en el modelo no ponderado a 101 en el modelo ponderado. En el primer caso, los excluidos se explican porque algunos encuestados no respondieron algunas preguntas. A estos se les ha agregado la exclusión de 55 predicciones negativas y por encima de uno en el modelo ponderado. Como se dijo, esta acción es necesaria para poder obtener ponderadores correctos.

El objetivo de ponderar es eliminar la heteroscedasticidad. Al aplicar las pruebas de White al modelo ponderado, la heteroscedasticidad queda eliminada. Sin embargo, la principal limitación de los modelos lineales de probabilidad es precisamente la formulación lineal, o sea, la probabilidad aumenta linealmente con el cambio en los determinantes.