

88  
31



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ANALISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA INTRODUCCION  
DE VEHICULOS ELECTRICOS EN EL AREA  
METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO**

**TESIS PROFESIONAL  
PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
AREA INDUSTRIAL**

**P R E S E N T A N I**

**GUILLERMO GUZMAN GODOY  
MAURICIO OCHOA MORALES**



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**MEXICO, D. F.**

**1996**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **DEDICATORIAS.**

**A mis padres, ya que sin su apoyo incondicional jamás habría podido llegar hasta donde ahora me encuentro.**

**A mis hermanos, que siempre estuvieron ahí cuando los necesité.**

**A mi sobrina Alejandra, por el simple hecho de existir y hacer mi vida más agradable.**

**A la Universidad Nacional Autónoma de México, por brindarme puertas abiertas al conocimiento y a la sociedad, demostrándome que sigue siendo la Máxima Casa de Estudios.**

**A la Facultad de Ingeniería, por el aprendizaje recibido.**

**A mis maestros, que siempre procuraron prepararme para la vida profesional.**

**Al Director de Tesis, M. en I. Eugenio López Ortega, por la gran orientación proporcionada para el presente trabajo.**

**A mi inseparable grupo de amigos de la carrera (Guillermo, Juan Carlos, Antonio y Sílvia), porque juntos aprendimos las bases de nuestra preparación y el valor de la amistad.**

**A mis amigos de la secundaria, por la gran amistad que nos une.**

**A todos mis familiares en Zamora, Michoacán, y especialmente a mi abuelita Chela, por el cariño y los grandes momentos recibidos en aquella hermosa tierra.**

**Al personal de Laboratorios Boehringer Ingelheim - Promeca que de alguna u otra forma me apoyó para realizar el presente trabajo.**

**A todas las personas que han contribuido a mi desarrollo personal y profesional.**

**Mauricio Ochoa Morales.**

**A la memoria de mi padre.**

**A mi madre: gracias por todo. Como un pequeño reconocimiento para la gran mujer que es.**

**A Manolo, Irma y Rebequita gracias por todas las alegrías que nos han dado.**

**A toda mi familia, gracias por el cariño recibido.**

**A la familia Cortay gracias por su apoyo y buenos consejos.**

**A mis amigos: Lino, Beatriz, Humberto, Melania y Juan Pablo gracias por estar conmigo en los momentos buenos y en los difíciles que tiene la vida. A Mauricio, Juan Carlos, Antonio, María, Cuitlahuac y Manuel gracias por brindarme su amistad y apoyo incondicional.**

**A mi alma mater, la Universidad Nacional Autónoma de México, bastión del arte, cultura y ciencia, gracias por poder ser orgullosamente uno de sus miembros.**

**A mi Director de Tesis, M. en I. Eugenio López Ortega, gracias por la paciencia y confianza en el presente trabajo.**

**A mis maestros de la Facultad de Ingeniería que me infundieron valores y conocimientos para mi vida profesional.**

**Guillermo Guzmán Godoy.**

## **PRESENTACIÓN.**

**En el presente trabajo de Tesis Profesional se analizarán los principales aspectos históricos, de mercado, técnicos y económicos de los vehículos eléctricos con el objetivo de determinar las posibilidades de su utilización en el Área Metropolitana de la Ciudad de México.**

# ÍNDICE GENERAL

	Página
<b>1. INTRODUCCIÓN.</b>	
1.1. Antecedentes.	1
1.2. Metodología.	2
1.3. Características y definición de los vehículos eléctricos.	3
1.4. Desarrollo en los últimos años.	4
1.4.1. Tendencias del vehículo eléctrico en los últimos años.	4
1.4.2. Esfuerzos específicos en el desarrollo de vehículos eléctricos.	6
1.5. Principales áreas de innovación.	10
1.5.1. Áreas de innovación para vehículos en general.	10
1.5.2. Áreas de innovación para vehículos eléctricos.	11
<b>2. MERCADO PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO.</b>	
2.1. Aspectos preliminares.	13
2.2. Descripción general de los principales tipos de vehículos eléctricos.	14
2.2.1. Vehículos para el transporte de pasajeros.	14
2.2.2. Vehículos utilitarios.	16
2.3. Panorama general del transporte en el AMCM.	17
2.3.1. Transporte público.	17
2.3.2. Vehículos utilitarios.	20
2.3.2.1. Investigación en empresas acerca de vehículos utilitarios.	20
2.4. Posibilidades de utilización de vehículos eléctricos.	23
2.4.1. Mercado para vehículos de pasajeros.	24
2.4.2. Mercado para vehículos utilitarios.	25
2.5. Análisis SWOT (Fuerzas, Debilidades, Oportunidades y Amenazas) para el vehículo eléctrico.	28
2.6. Conclusiones.	29

### **3. ASPECTOS TÉCNICOS DE INFRAESTRUCTURA**

<b>3.1. Aspectos preliminares.</b>	<b>31</b>
<b>3.2. Determinación del número de vehículos eléctricos para una ruta típica.</b>	<b>31</b>
<b>3.3. Experiencia en el uso de las baterías.</b>	<b>33</b>
3.3.1. El ciclo carga-descarga de las baterías.	33
3.3.2. Energía de refresco.	36
3.3.3. La carga real.	37
3.3.4. Proceso de recarga de baterías.	39
3.3.5. Vida útil de las baterías.	41
<b>3.4. Consumo de energía eléctrica.</b>	<b>42</b>
3.4.1. Tarifas de consumo.	43
3.4.2. Análisis de consumo de energía-pasajero-costo.	43
<b>3.5. Estaciones de recarga.</b>	<b>46</b>
3.5.1. Layout de una terminal de minibuses eléctricos.	47
3.5.2. Recomendaciones generales en una estación de recarga.	49

### **4. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA PARA LA INTRODUCCIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO.**

<b>4.1. Objetivo y metodología de la evaluación económica y financiera.</b>	<b>50</b>
<b>4.2. Inversión Inicial.</b>	<b>51</b>
<b>4.3. Costos de operación.</b>	<b>52</b>
<b>4.4. Ingresos.</b>	<b>53</b>
<b>4.5. Flujo de efectivo.</b>	<b>54</b>
<b>4.6. Resultados de la evaluación económica y financiera.</b>	<b>56</b>

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

<b>5.1. El mercado para el vehículo eléctrico.</b>	<b>60</b>
<b>5.2. Aspectos técnicos.</b>	<b>61</b>
<b>5.3. Evaluación económica y financiera.</b>	<b>62</b>
<b>5.4. Aspectos estratégicos.</b>	<b>63</b>

## **6. ANEXOS.**

<b>Anexo 1. Resumen de los tipos de vehículos eléctricos.</b>	<b>66</b>
<b>Anexo 2. Cuestionario a empresas sobre vehículos eléctricos.</b>	<b>68</b>
<b>Anexo 3. Rutas de taxis colectivos.</b>	<b>72</b>
<b>Anexo 4. Tarifas de consumo.</b>	<b>79</b>
<b>Anexo 5. Análisis energético.</b>	<b>81</b>
<b>Anexo 6. Análisis económicos y financieros.</b>	<b>83</b>

## **7. BIBLIOGRAFIA.**

# CAPITULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes.

El objetivo principal del presente trabajo de Tesis es dar una alternativa viable de solución a largo plazo para alcanzar una disminución en las emisiones contaminantes a la atmósfera en el Área Metropolitana de la Ciudad de México (AMCM) mediante la sustitución gradual de vehículos utilitarios y de pasajeros con motor de combustión interna por vehículos eléctricos.

Para lograr este objetivo, el estudio deberá ser presentado de la manera más clara posible y con resultados específicos, con el propósito de determinar su viabilidad como proyecto de inversión.

La inquietud por desarrollar el tema de los vehículos eléctricos surgió principalmente por dos razones: la primera, el gran interés que actualmente se tiene a nivel global por la búsqueda de tecnologías alternativas que reduzcan la contaminación ambiental, no como una moda, sino simplemente como una prioridad necesaria; y la segunda, la relación tan estrecha que existe entre el desarrollo de nuevas tecnologías y la Ingeniería.

En lo que se refiere a la contaminación ambiental, es bien sabido que cada vez estamos más expuestos a problemas de salud por la gran cantidad de partículas y gases que son emitidos a la atmósfera diariamente. En relación a lo anterior, alrededor de 4 millones de toneladas al año de emisiones contaminantes son lanzadas a la atmósfera del Área Metropolitana de la Ciudad de México (AMCM), las que ocasionan males que van desde la irritación de los ojos hasta problemas respiratorios, cardíacos, digestivos e incluso cáncer (Secretaría de Recursos Naturales y Pesca y Secretaría de Salud, El Universal, Domingo 28 de enero de 1996).

Así, es posible observar la urgencia de buscar medios alternativos de transporte. En relación a esto, cabe mencionar algunos de los problemas de salud ocasionados por los principales contaminantes de la atmósfera:

✓ Plomo. El plomo puede ingresar al organismo por la vía digestiva y por la vía respiratoria. Este elemento es capaz de originar intoxicación aguda o bien acumularse de manera crónica en dientes, en huesos o en la sangre. El primer síntoma por envenenamiento de plomo es la anemia.

✓ Ozono. La exposición a ozono puede causar inflamación pulmonar, depresión del sistema inmunológico en contra de infecciones pulmonares, cambios agudos en el

metabolismo pulmonar y efectos en órganos blandos distantes del pulmón, como el hígado. Hay dificultad para aspirar el aire, reducción moderada de los bronquios, tos y dolor al aspirar prolongadamente.

✓ Óxidos de Nitrógeno. Se ha comprobado que concentraciones elevadas pueden producir problemas de percepción olfativa, molestias respiratorias, dolores respiratorios agudos, y acumulación de agua en el pulmón.

✓ Monóxido de Carbono. Este compuesto químico se encuentra concentrado en las calles cuando hay un intenso tránsito de vehículos. Provoca riesgo de enfermedades en la arteria coronaria, cuyo deterioro atrae el peligro de un ataque de angina de pecho.

✓ Partículas suspendidas. Pueden contribuir a aumentar la frecuencia de las enfermedades respiratorias. En concentraciones muy elevadas, ciertas partículas, como asbestos, pueden provocar cáncer en los pulmones y muerte prematura.

✓ Bióxido de azufre. Puede provocar humedad en las mucosas de las conjuntivas y respiratorias, así como irritaciones. Puede ser responsable de incremento en la morbilidad y mortalidad en enfermos crónicos de corazón y vías respiratorias; penetra en los pulmones y se convierte en un agente irritante del tracto respiratorio.

✓ Benceno. Es el primer agente cancerígeno y se ha comprobado que quienes se exponen a éste de manera frecuente pueden llegar a padecer leucemia. Los vehículos automotores producen el 82 % del benceno que existe en la atmósfera.

## 1.2. Metodología.

La metodología a seguir para el presente trabajo es la siguiente:

1. Presentar conceptos generales y breve historia de los vehículos eléctricos.
2. Describir el panorama actual de los vehículos eléctricos a nivel mundial y en México.
3. Definir la situación en el Área Metropolitana de la Ciudad de México que hace factible la introducción de vehículos eléctricos.
4. Identificar y diferenciar los mercados potenciales para vehículos eléctricos.
5. Presentar los aspectos necesarios de infraestructura para los vehículos eléctricos.
6. Determinar la viabilidad económica y financiera de la introducción de vehículos eléctricos como proyecto de inversión.
7. Concluir con base en los estudios realizados para el vehículo eléctrico.

Es importante mencionar que a partir del punto 5 señalado en la metodología, se tomará como referencia el minibus eléctrico que se desarrolla actualmente en el Instituto de

Ingeniería de la UNAM. Dicho vehículo está dirigido al transporte de pasajeros; sin embargo, también podría utilizarse para el transporte de carga. Más adelante se presentará la información completa de este vehículo.

### **1.3. Características y definición de los vehículos eléctricos.**

Un vehículo eléctrico es aquel medio de transporte que utiliza la energía eléctrica para producir un movimiento mecánico. Este movimiento se obtiene a través de un motor eléctrico el cual lo transmite hacia un diferencial o directamente a las ruedas. La alimentación de energía puede ser a través de fuentes externas (como en el caso de un trolebús) o por medio de una fuente interna al vehículo, principalmente basada en baterías. Este último tipo de vehículo eléctrico es el analizado en el presente trabajo.

Las baterías poseen un sistema de electrodos del cual depende el número de watt-horas que es posible almacenar por kilogramo de peso de esta fuente interna de energía. Existen diversos tipos de baterías, dentro de los cuales se encuentra el tipo plomo-ácido, usado en los vehículos actuales de combustión interna. Otros tipos de baterías que ya se fabrican son la sodio-azufre, la níquel-cadmio (utilizada en varios equipos electrónicos portátiles, como el reproductor portátil de discos compactos), la bromo-zinc, la níquel-fierro y la níquel-zinc. Sin embargo, hasta que mejores tecnologías sean desarrolladas, la batería plomo-ácido seguirá siendo la de mayor uso en la fabricación de vehículos eléctricos.

La energía necesaria para cargar las baterías puede obtenerse de las tomas de corriente normales (127 V), con un tiempo promedio de recarga de 8 horas para aquellos vehículos con baterías plomo-ácido. Para ello, los vehículos están equipados con un sistema cargador, el cual posee un cable que se conecta directamente a la toma de corriente.

Los vehículos eléctricos poseen dos características de especial interés en lo que a desempeño o *performance* se refiere:

- **Autonomía:** Es la distancia recorrida dentro del intervalo correspondiente a cada ciclo carga-descarga de las baterías, y puede expresarse en cualquier unidad de longitud (usualmente en kilómetros o millas). En la actualidad, los vehículos eléctricos (VE's) tienen una autonomía de entre 80 y 120 km con baterías plomo-ácido.
- **Velocidad máxima:** Es la velocidad límite que el vehículo puede alcanzar dadas las características de su sistema impulsor. Generalmente, la velocidad máxima es de 70-100 km/h, con baterías plomo-ácido.

Se llama **vehículo híbrido** a aquel medio de transporte que utiliza más de un tipo de energía como combustible (electricidad, gas, etc.), provisto de algún otro mecanismo con distinta fuente de energía, integrado con el propósito de mejorar alguna característica de desempeño como la autonomía, el tiempo de recarga o la velocidad máxima, entre otras. Un ejemplo de esto es un vehículo eléctrico que tiene integrado un pequeño motor de combustión interna, el cual funciona como generador para cargar las baterías mientras se tiene el vehículo en marcha, logrando con ello una mayor autonomía.

#### **1.4. Desarrollo en los últimos años.**

##### **1.4.1. Tendencias del vehículo eléctrico en los últimos años.**

El concepto del vehículo eléctrico no es nuevo. La tecnología esencial de las baterías y motores eléctricos fue desarrollada a finales del siglo XIX, y muchos autos eléctricos fueron fabricados a principios del presente siglo. Aunque algunos modelos lograron alcanzar altas velocidades para la época, el auto eléctrico era generalmente pesado y representaba grandes costos de operación; además, su autonomía era limitada por las características de la recarga de las baterías. Esto, aunado al poco interés que existía por las emisiones contaminantes del vehículo con motor a gasolina, provocó la disminución en el uso del carro eléctrico hacia la segunda década del siglo XX.

Los vehículos eléctricos han logrado llamar la atención de muchos y se ha buscado su introducción al mercado de los automóviles desde hace algún tiempo. Su trascendencia comenzó a partir de la segunda mitad de la década de los 60's. Durante este periodo, el *smog* originado en las áreas urbanas por automóviles a gasolina llegó a ser una gran preocupación, y por ello tanto Ford como General Motors produjeron autos eléctricos (*Ford Comuta* y *GM 512*, respectivamente). Sin embargo, la limitada autonomía, el bajo límite de velocidad y el largo tiempo de aceleración de ambos vehículos provocó poco interés por parte de los consumidores. Otros pequeños fabricantes ofrecieron autos grandes que resultaron imprácticos por sus altos costos, como el *Mars II* desarrollado por Electric Fuel Propulsion en 1967. Esta conversión de un automóvil Renault pesaba 1860 kg y, aunque tenía una autonomía de 107 km, presentaba una aceleración muy lenta.

De esta manera, el intento por introducir vehículos eléctricos en los años 60's falló simplemente porque el problema de la contaminación de las ciudades no fue una razón suficiente para sustituir los vehículos a gasolina por sus homólogos eléctricos, los cuales utilizaban una tecnología menos avanzada en ese momento.

El embargo petrolero de Arabia y el subsecuente colapso de la gasolina en 1973 trajeron un nuevo auge por el vehículo eléctrico. En 1976, el Departamento de Energía de E.U. creó un programa de vehículos eléctricos e híbridos, con el propósito de promover la investigación sobre éstos y demostrar su aceptación a lo largo del país. Argumentaban que esto tendría un impacto económico favorable ya que disminuiría enormemente la dependencia de los medios de transporte impulsados por combustibles derivados del petróleo, el cual era importado casi en un 50%.

La preocupación por el transporte en el futuro se difundió a nivel mundial. En 1977, tuvo lugar una conferencia internacional denominada "Desarrollo del Vehículo Eléctrico". La razón para ello fue que en ese entonces se pronosticaba que para el final del siglo XX iba a ser muy difícil obtener las fuentes tradicionales de combustible. Desafortunadamente, en este periodo el aspecto ambiental no fue un tema de importancia para apoyar la producción de autos eléctricos.

El auto eléctrico más vendido en los 70's fue el *Citricar* producido por Sebring-Vanguard de Columbia, Maryland, el cual apareció en E.U. en 1974. Se fabricaron 2, 153 unidades antes de que la producción cesara en 1976. General Motors produjo el *Electrovette* en 1978, con una autonomía de 80 km y un límite de velocidad de 86 km/h, tomándole 24.1 segundos para acelerar de 0 a 80 km/h.

Aunque algunos modelos de autos eléctricos tuvieron cierto éxito durante esta década, los consumidores no encontraron ninguna razón a principios de los 80's para comprar vehículos más lentos que los de motor a gasolina una vez terminada la crisis petrolera. Por otro lado, durante los 80's se realizaron avances importantes en los vehículos de combustión interna (como el *fuel injection*) y, a pesar de que existía preocupación ambiental, todavía no se implementaban reglamentaciones definitivas para el uso de combustibles alternos.

Después de un periodo de poco desarrollo, viene un nuevo y más grande impulso hacia los vehículos eléctricos a finales de la década de los 80's. Ahora, esta parte del sector automotriz está teniendo mayores avances tanto tecnológicos como psicológicos, y ha obtenido el apoyo de políticos, ecologistas y fabricantes de autos alrededor del mundo, teniendo como mayor propósito disminuir la contaminación en las grandes ciudades.

A nivel mundial se están realizando varias acciones para tal efecto, como las que se mencionan a continuación.

## 1.4.2. Esfuerzos específicos en el desarrollo de vehículos eléctricos.

### E.U.A.

En 1990, en el Estado de California surgieron programas para la fabricación de vehículos eléctricos cuando parecía que ya no había interés por parte de las grandes corporaciones automotrices. Así, el Estado ha dictado una ley que establece que para 1998, 2 % de todos los automóviles nuevos vendidos no deberán emitir contaminantes a la atmósfera. Para el año 2003, un total de 10 % (más de 200, 000 vehículos) deberán ser *cero emisiones*. Mientras no existan otras tecnologías más avanzadas, el vehículo eléctrico es la opción más viable para este propósito. También se han unido a este programa los estados de Nueva Inglaterra, Massachusetts, Nueva York, y Nueva Jersey, entre otros.

Por esta razón, la institución denominada CARB (*California Air Resources Board*) pretende establecer normatividad que induzca a la introducción de vehículos impulsados por combustibles alternos (incluyendo los vehículos eléctricos). Dentro de esta normatividad se identifican las siguientes categorías de vehículos:

- TLEV (*Transitional Low Emissions Vehicle*)
- LEV (*Low-Emission Vehicle*)
- ULVE (*Ultra Low-Emission Vehicle*)
- ZEV (*Zero-Emission Vehicle*)

A continuación se presentan los estándares de emisión de contaminantes para estas categorías.

Categoría	Definición	Niveles de emisión, g/mi (g/km)		
		NOMG <sup>1</sup>	NO <sub>x</sub>	CO
TLEV	Vehículo de baja emisión transitoria	0.125 (0.078)	0.4 (0.25)	3.4 (2.11)
LEV	Vehículo de baja emisión	0.075 (0.047)	0.2 (0.12)	3.4 (2.11)
ULEV	Vehículo de ultra-baja emisión	0.040 (0.025)	0.2 (0.12)	1.7 (1.06)
ZEV	Vehículo cero-emisión	0.00	0.00	0.00

<sup>1</sup>Gases orgánicos no derivados del metano.  
Fuente: IEEE Spectrum, noviembre de 1992.

El vehículo eléctrico corresponde a la categoría ZEV, ya que carece de emisiones contaminantes a la atmósfera.

La importancia que se le ha dado a los vehículos eléctricos en E.U.A. ha motivado la creación de grandes programas de investigación y desarrollo. Es el caso del consorcio denominado *United States Advanced Battery Consortium (USABC)*, en el que participan Ford, Chrysler, General Motors, y el *Electric Power Research Institute (EPRI)*. Su objetivo es desarrollar baterías con mejores características de eficiencia y desempeño para su uso en vehículos eléctricos.

GM ha desarrollado un auto eléctrico para dos pasajeros llamado *Impact*, con una autonomía aproximada de 200 km, un tiempo de aceleración de 0 a 96 km/h en 8 s, y una velocidad máxima de 120 km/h con baterías plomo-ácido. Por otro lado, Ford construyó una van eléctrica denominada *Ecostar* con una autonomía de 160 km usando baterías sodio-azufre, y en 1995 empezó con las pruebas de operación a 3 unidades en México.

También existen otras compañías que están produciendo ya vehículos eléctricos, como Kushman y Taylor-Dunn. Esta última cuenta con un vehículo eléctrico utilitario denominado *Electruck*, que usa 12 baterías plomo-ácido, tiene una capacidad de carga de 682 kg, una autonomía de 80 km y una velocidad máxima de 50 km/h.

Otra prueba del interés que se ha despertado por los vehículos eléctricos a raíz de los problemas de contaminación es la organización denominada *CALSTART*, la cual es un consorcio sin fines de lucro formado por 45 miembros que representan a empresas privadas e instituciones federales. El propósito principal de este grupo es promover la creación de una nueva industria de transporte en el sur de California, basada en la energía eléctrica.

## JAPÓN.

En Japón, el *Ministry of International Trade and Industry (MITI)* quiere tener en circulación 200, 000 vehículos eléctricos para el año 2000, y que por lo menos la mitad de ellos sean fabricados por compañías japonesas. Después, pretende vender 100, 000 de estos vehículos al año.

Una *joint venture* o sociedad de riesgo entre *Tokio Electric Power Co.* y una compañía japonesa de investigación ha producido un automóvil eléctrico de cuatro asientos que tiene una autonomía de 550 km a una velocidad promedio de 40 km/h, llamado *Tapco Iza*.

Por otro lado, actualmente Nissan y otros productores de vehículos japoneses están interesados en la batería recargable Níquel-Cadmio (NiCd), usada en aparatos electrónicos caseros y juguetes. Dicha batería ofrece las ventajas de recargarse en poco tiempo, tener una larga vida útil y una gran capacidad. De hecho, Nissan ya emplea este tipo de batería en su vehículo eléctrico *FEV (Future Electric Vehicle)*, afirmando que puede ser recargada al 40

% de su capacidad en 6 minutos si se tienen circuitos de alto voltaje. El *FEV* tiene una velocidad máxima de 120 km/h, una autonomía de 160 km (a 40 km/h), varía la velocidad de 0 a 40 km/h en 3.6 seg., baterías de Ni-Cd de carga super rápida (6 min) al 40%, carrocería de aluminio y celdas solares.

#### **DINAMARCA.**

Una compañía danesa llamada *CityCow* ha vendido 6, 000 de sus vehículos eléctricos llamados "vehículos compactos personales", en toda Europa. Estos autos constan de tres ruedas y están diseñados para llevar a un adulto y dos niños pequeños; tienen un límite de velocidad de 60 km/h.

#### **SUECIA.**

La *Clean Air Transport Co.* de Suecia, una nueva compañía en el ramo automotriz, está haciendo la producción de las partes para un auto eléctrico a través de maquila, y planea establecer una línea de ensamble en alguna parte de América o Europa. Pretende construir más de 30, 000 vehículos al año en los primeros años, para introducirlos al mercado en 1997. Su mercado inicial y el más prometedor será California, en donde el Estado ayudó a financiar el desarrollo de su vehículo, el cual se ha codificado como *LA301*.

#### **FRANCIA.**

En Francia, a principios de 1990 se puso en marcha el programa "Automóvil Ideal", el cual involucra al gobierno y al sector privado a través de Renault y Peugeot Citroën. El primer propósito es desarrollar vehículos semejantes en apariencia a los que utilizan los repartidores de las grandes ciudades, pero totalmente eléctricos. La compañía *Electricité de France* (EDF) ha solicitado 250 de estos vehículos, para uso interno, los cuales alcanzan una velocidad de 90 km/h y una autonomía de 100 km.

Por otro lado, en 1992 PSA Peugeot Citroën firmó, con el Ministro de la Industria, el Ministro del Medio Ambiente, EDF y Renault un acuerdo para el desarrollo de una infraestructura de recarga y los servicios de mantenimiento necesarios en la difusión del vehículo eléctrico. Este acuerdo prevé la instalación de terminales de recarga sobre la vía pública y en los estacionamientos. Así, se espera equipar 10 ciudades de Francia con vehículos eléctricos y estaciones de recarga en la presente década.

## **ALEMANIA.**

La BMW desarrolló recientemente un prototipo de vehículo eléctrico denominado *E1*, de cuatro asientos e ideal para la ciudad. Este automóvil posee un sistema de frenos regenerativos (lo cual significa que el motor eléctrico trabaja como un generador para disminuir la pérdida de energía en el frenado), puede acelerar desde cero hasta 48 km/h en 5.5 seg, tiene una velocidad límite de 120 km/h y una autonomía de 140 km después de haber cargado sus baterías por 6 horas.

Volkswagwen también cuenta con un auto eléctrico de pasajeros, el cual posee una autonomía de 140 km y una velocidad máxima de alrededor de 100 km/h, llamado *CityStromer*.

Por otro lado, Mercedes Benz cuenta con un prototipo codificado como *190EV*, con una autonomía de 150 km y una velocidad máxima de 120 km/h.

## **MÉXICO.**

En México también existe gran interés hacia los vehículos eléctricos. En el Instituto de Ingeniería de la UNAM se está desarrollando un minibus eléctrico orientado al transporte público de pasajeros en el Área Metropolitana de la Ciudad de México, que se planea tener terminado a mediados de 1997. En primera instancia, este vehículo será probado dentro del circuito escolar de Ciudad Universitaria. Sus principales características serán una capacidad para 30 personas, una autonomía de 70 km, una velocidad máxima de 60 km/h y una aceleración de 0 a 40 km en 10.5 s.

Por otra parte, una nueva empresa productora de vehículos eléctricos *Electruck* se instalará en Guadalajara, Jalisco, bajo el nombre de *Industrias Murrel*. En esta empresa participarán Taylor-Dunn y el *North American Environment Fund* (NAEF) y, aunque se tiene planeado armar un promedio de 800 vehículos al año, hasta el momento la planta no está funcionando debido principalmente a la crisis económica por la que atraviesa el país, según información proporcionada por la misma empresa. A este respecto, se mencionó que en México existen 1, 500 vehículos eléctricos *Electruck*, de los cuales 1, 200 circulan en el D.F. y el resto en el Estado de México, Guadalajara, Monterrey, Puebla, Tampico y Oaxaca. Entre las principales empresas que cuentan con estos vehículos se encuentran Sabritas con 500 unidades, Bimbo con 90, Pepsi Co. con 100, Coca-Cola con 25, Garcicreso con 20 y Gamesa con 13.

El Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), realizó varias pruebas en la Ciudad de México con un vehículo eléctrico *G-Van* proporcionado por el *EPRI* (*Electric Power Research Institute*), con el objeto de estudiar su comportamiento bajo condiciones reales de operación como auto personal de reparto y pasajeros.

Por otro lado, como parte de un programa de pruebas de los vehículos eléctricos en distintas ciudades del mundo, Ford ha destinado 3 unidades *Ecostar* para ser probadas en México.

Además, otras empresas productoras de vehículos eléctricos utilitarios que están promoviendo su uso en nuestro país, principalmente en grandes compañías, son Kushman y Ezgo.

### **1.5. Principales Áreas de Innovación.**

Muchos fabricantes de vehículos están enfocando sus esfuerzos a encontrar formas de incrementar su eficiencia, mediante un mejor aprovechamiento de la energía.

Dentro de estas áreas de innovación se pueden formar dos grupos, estando uno constituido por aquellas mejoras que pueden realizarse tanto en vehículos con motor de combustión interna como en eléctricos, y otro por las que sólo son de utilidad para los vehículos eléctricos.

#### **1.5.1. Áreas de innovación para vehículos en general.**

✓ **Resistencia aerodinámica.** El efecto de la fuerza de fricción del aire sobre el vehículo está determinado por varios factores, como la velocidad, el área frontal de contacto y la densidad del aire principalmente. Para reducirlo, los productores de vehículos eléctricos han recurrido a un mejor diseño de la carrocería, logrando coeficientes de fricción de 0.19 en autos como el *IZA*, el *Nissan FEV* y el *GM Impact*, mientras que en los autos convencionales de pasajeros dicho coeficiente va de 0.3 a 0.4, consiguiendo con ello una mayor eficiencia ya que se desperdicia menos energía.

✓ **Resistencia al rodamiento.** Otra fuerza que se opone al movimiento es generada cuando la llanta se deforma al hacer contacto con el suelo, ya que no toda la energía usada para comprimir la llanta es recuperada cuando la parte deformada recobra su forma original mientras la llanta rueda. De lo anterior, se deduce que una forma de reducir esta pérdida de energía es utilizar llantas que no se deformen fácilmente. Para ello, algunos vehículos eléctricos usan llantas diseñadas para correr hasta con el doble de presión neumática respecto a las llantas ordinarias, obteniendo coeficientes de rodamiento de 0.004 a 0.002, mientras que los de los autos convencionales van de 0.01 a 0.02.

✓ **Disminución del peso.** Para minimizar el peso, se han utilizado materiales más ligeros tanto para la carrocería como para otras partes en los autos eléctricos. Por ejemplo, GM desarrolló una aleación 40% más ligera que el acero para fabricar un bastidor. Así, el magnesio superligero fue usado para componentes como los bastidores de los asientos y el núcleo de la columna de dirección.

### 1.5.2. Áreas de innovación para vehículos eléctricos.

✓ **Motor AC.** Para lograr un mayor control de energía, la mayoría de los fabricantes han diseñado y utilizado motores de inducción de corriente alterna, ya que su eficiencia es generalmente muy alta (90%) y superior, en al menos un 20%, a la de los motores de combustión interna.

✓ **Celdas solares.** Para aumentar la eficiencia energética en los vehículos eléctricos, se han introducido en algunos modelos celdas solares que proporcionan la energía necesaria para hacer funcionar ciertos sistemas, en vez de que éstos obtengan dicha energía de las baterías. Un ejemplo lo constituye el clima artificial.

✓ **Sistema de frenado.** Otra técnica de ahorro de energía es el sistema de frenos regenerativos, en el cual, al pisar el pedal del freno, se acciona un control que provoca que el motor funcione como generador disminuyendo la velocidad del vehículo y proporcionando, además, una fuente de energía para la recarga de las baterías.

✓ **Baterías.** Con el objeto de mejorar el desempeño de los vehículos eléctricos, así como para disminuir los costos y el peso de estas unidades, se están evaluando diversos tipos de baterías que pretenden ser más eficientes, ligeras y baratas.

En lo que se refiere a eficiencia en general, existen varios parámetros para evaluar una batería. Entre los principales se encuentra la *energía específica*, que se define como el número de watt-horas de electricidad que la batería puede almacenar por cada kilogramo de su masa. Otro parámetro de importancia es la *capacidad*, que se refiere al número de amperes que pueden descargar completamente la batería en una unidad de tiempo (generalmente 1 hora).

A continuación se muestran algunos tipos de baterías alternas a la convencional plomo-ácido.

**Tabla 1.5.2.1. Tecnologías recientes en baterías para vehículos eléctricos.**

Tecnología	Fabricante	Modelo	Peso (kg)	Capacidad (Ah)	Energía Específica (Wh/kg)	Eficiencia de Energía (%)	Vida útil (ciclos)
Sodio-Azufre	Ames Brown Boveri, Ltd., Alemania	B-11	253	238	81	91	592
	Silent Power Ltd., UK	PB-MK3	29.2	292	79	88	795
Monometaluro de litio	SAFT Inc.	Prismatic	2.94	203	66	81	163
Bromuro de Zinc	SEA, Austria	ZBB-5/48	81	126	79	75	334
Níquel-zinc	Electrochimica	R&D Cell	1.69	69	67	77	114
Níquel/metal-híbrido	Ovonics Battery Co.	C-cell	0.081	3.6	54	80	333
		Ext. C-cell	0.093	4.5	57	74	108
		H-Cell	0.628	28	55	80	380
Níquel-ferro	Eagle-Picher Industries	NIF200	25	203	51	58	918

Fuente: *IEEE Spectrum*, noviembre de 1992, Vol. 29, No. 11.

A pesar de todo el trabajo que se ha realizado para desarrollar mejores tecnologías, la batería plomo-ácido resulta la opción más viable para los VE's en este momento, debido principalmente a su costo y al conocimiento que ya se tiene en su producción. Previendo lo anterior, la compañía *Electrosorce* de Austin, Texas, ha descubierto una manera de mejorar la típica batería usada en los vehículos de combustión interna. El cambio de esta batería con respecto a la actual es que tiene filamentos de fibra de vidrio forrados con una capa de plomo, que funcionan como electrodos, en vez de platos sólidos. De acuerdo con esta empresa, la introducción de estos filamentos permitirá una mayor producción en menor tiempo de las baterías, ya que se pueden fabricar con mayor facilidad que los platos. Además, el nuevo diseño proporcionará el doble de capacidad, el doble de vida útil y necesitará sólo un cuarto del tiempo actual de recarga. Con dinero del EPRI, *Electrosorce* tiene planeado construir una planta piloto para la producción de esta clase de baterías en la presente década.

# **CAPITULO 2**

## **MERCADO PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO.**

### **2.1. Aspectos preliminares.**

Como es bien sabido, las grandes ciudades, y en especial el Área Metropolitana de la Ciudad de México (AMCM), son grandes concentraciones humanas que generan un alto intercambio de bienes y servicios. En consecuencia, el transporte terrestre se ha convertido en una de las necesidades primordiales de la gran urbe, ya que sus habitantes realizan diariamente un alto número de viajes para poder llevar a cabo sus actividades cotidianas. Lo anterior es claramente visible si se analiza la siguiente información: el AMCM está integrada por el Distrito Federal y parte del Estado de México, abarcando poco más de 2,000 km<sup>2</sup>. Esta área, enclavada en una cuenca cerrada a 2,240 m sobre el nivel del mar, presenta una tasa de crecimiento demográfico del 3 % anual, y en consecuencia se ha convertido en una de las áreas más pobladas del mundo, con una alta densidad de población, de alrededor de 5, 500 habitantes por km<sup>2</sup> (Agenda Estadística del INEGI, 1994).

Así, en el AMCM se cuenta con un gran número de habitantes, de los cuales aproximadamente la mitad son niños y jóvenes menores de 24 años, que al irse incorporando a la población económicamente activa causarán un crecimiento en la demanda de empleo, vivienda, educación, salud, vialidad y transporte, lo que implicará un aumento significativo en el número de vehículos en circulación en toda el área metropolitana. Dicha movilización de vehículos, en su gran mayoría con motor de combustión interna, provocará aún mayores daños de los que se experimentan en la actualidad a la salud del ser humano. Sin embargo, aunque en los próximos años ésta podría llegar a ser una razón suficiente para disminuir perceptiblemente el uso de los medios de transporte que utilizan combustibles derivados del petróleo ó similares, no es suficiente para convencer a un inversionista, cuya finalidad es incrementar su capital, de realizar una inversión en vehículos eléctricos en el AMCM. Por ello, el propósito del presente capítulo es determinar las oportunidades de mercado para la introducción del vehículo eléctrico no sólo desde la perspectiva de disminución de las emisiones contaminantes a la atmósfera, sino también mostrar que puede ser un producto competitivo para la satisfacción de las necesidades de transporte en el AMCM y, además, con capacidad de atraer recursos financieros de origen privado.

## **2.2. Descripción general de los principales tipos de vehículos eléctricos.**

Al inicio del presente trabajo, se dieron las características generales de un vehículo eléctrico; después de ello, se mencionaron algunos de éstos vehículos clasificados de acuerdo a su país de origen. Sin embargo, es necesario realizar una descripción más detallada de todos los posibles tipos de vehículos eléctricos que en un momento dado y de acuerdo a las circunstancias, pudieran ser utilizados ya sea para transporte de pasajeros o de carga. De esta forma, será posible determinar cual de ellos se ajusta en mayor grado a las características requeridas en el AMCM.

### **2.2.1. Vehículos para transporte de pasajeros.**

Dentro de esta categoría existen varios vehículos eléctricos desarrollados tanto por los grandes consorcios automovilísticos como Ford, Chrysler, GM y Renault, como por otros fabricantes de menor tamaño. De entre los principales modelos, ya sean prototipos o vehículos disponibles, se tienen los siguientes:

❑ **Impact.** Auto deportivo subcompacto para dos pasajeros desarrollado por General Motors, con una autonomía aproximada de 200 km, un tiempo de aceleración de 0 a 96 km/h en 8 s, y una velocidad máxima de 120 km/h. Este vehículo, que tiene un peso total de 1320 kg, contiene un paquete de 26 baterías de 12 V cada una, más una para los accesorios, que en su conjunto pesan 498 kg. La carga de las baterías demora entre 2 y 3 horas con una fuente de 220 V y entre 8 y 10 horas con una fuente de 110 V. Se estima la vida de las baterías entre 32, 000 y 48, 000 km.

❑ **EcoStar.** Modelo fabricado por Ford Motor Co.; basado en el *European Escort* desarrollado por la misma empresa. Tiene una autonomía de 160 km y una velocidad máxima de 120 km/h. Las llantas delanteras son dirigidas a través del un motor AC de 75 hp y, como se maneja eficientemente a cualquier velocidad, no es necesario colocar una transmisión. El paquete de baterías sodio-azufre tiene un peso de 355 kg. Además, este auto posee un sistema de ventilación que funciona mediante celdas solares, las cuales están colocadas en la parte superior del parabrisas.

❑ **Fiat Panda Elettra.** Desarrollado por Fiat Spa (Italia), este es un auto para pasajeros con una autonomía de 80-100 km y una velocidad máxima de 113 km/h.

□ **VW Citystreamer.** Auto para pasajeros de Volkswagen, con una autonomía de 120-140 km y una velocidad máxima de 104 km/h. Hasta 1994, 70 de estos vehículos ya habían sido fabricados y vendidos.

□ **G-Van.** Auto para pasajeros y/o carga con una autonomía de 96 km y una velocidad máxima de 83 km/h desarrollado por el EPRI y General Motors. Posee sistema de frenos regenerativos. Entre sus especificaciones básicas se encuentran un peso de 3,545 kg y una eficiencia nominal del motor de 0.93.

Aquí, cabe mencionar que este vehículo ha sido probado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas en el AMCM.

□ **WAVE (Waterfront Area Visitor Express).** Es un autobús desarrollado por la *Pacific Gas and Electric Company (PG&E)* con capacidad para 22 pasajeros y sistema de frenos regenerativos, y se encuentra en circulación en una ruta fija en E.U. (Monterey-Salinas). Este vehículo tiene una autonomía de 120-160 km y una velocidad máxima de 56 km/h.

□ **APS-MTD Villager Retrofit Bus.** Este autobús, desarrollado por APS Systems, tiene una velocidad de 64 km/h y una autonomía de 80 km.

□ **Electricar 22' LT-02 Standard.** Es un autobús desarrollado por U.S. Electricar para transportar a 22 pasajeros. Entre sus principales características están una velocidad de 56 km/h y una autonomía de hasta 120 km, con baterías plomo-ácido a 6 V.

□ **Minibús eléctrico II-UNAM.** Este vehículo es un prototipo que está siendo desarrollado actualmente en el Instituto de Ingeniería de la UNAM. El Minibús Eléctrico estará dotado de un motor de tracción de corriente alterna alimentado por un conjunto de baterías a través de un inversor controlado por un procesador. Las baterías son de plomo-ácido e irán montadas en grupos sobre plataformas deslizantes para facilitar su cambio.

Para el frenado a velocidades mayores de 25 km/h, el motor de tracción opera como generador para recargar a las baterías a través de un control. Posee sistema de frenos regenerativos para velocidades menores a 25 km/h.

Especificaciones básicas derivadas de la funcionalidad:

capacidad	30 personas (2100 kg)
longitud del vehículo	7.190 m
ancho	2.40 m

altura total	2.82 m
autonomía	70 km
velocidad de cruceo	40 km/h
velocidad máxima	60 km/h
aceleración	
inicial	1.6 m/s <sup>2</sup>
0-40 km	10.5 s
pendiente máxima con carga	15%
radio de viaje	7.5 m
baterías	plomo ácido, 40 unidades de 133 amp-h a 12 V
peso total con baterías y carga	6450 kg

### 2.2.2. Vehículos utilitarios.

Los vehículos utilitarios son aquellos automóviles o camiones destinados a carga, distribución, servicio, y en general a todas las tareas relacionadas con la actividad laboral diaria. Cabe mencionar que algunos de los vehículos eléctricos listados como vehículos para pasajeros (G-Van y Minibus Eléctrico II-UNAM, por ejemplo) pueden ser adaptados para ser utilizados como vehículos utilitarios.

En el AMCM existen vehículos eléctricos ya circulando que caen dentro de esta categoría de autotransportes, como es el caso del Electruck.

□ **Electruck.** Este es un vehículo eléctrico típicamente utilizado para carga; pertenece a la compañía norteamericana Taylor-Dunn. Se pretende su fabricación en Guadalajara, Jalisco, por Industrias Murrel. Sus principales características son:

peso:	1, 045 kg
capacidad de carga:	682 kg (incluyendo conductor, pasajeros y accesorios)
longitud:	4.17 m
altura:	1.93 m
baterías:	12, a 6 V
cargador:	25 A, salida de 72 V, entrada de 115/220 V
velocidad:	50 km/h
autonomía:	80 km

Actualmente, alrededor de 1, 500 unidades con estas características se encuentran circulando en diferentes ciudades de México, utilizadas principalmente por compañías de la

industria alimentaria para la carga y transportación de sus productos (botanas, refrescos, galletas, etc.).

Para el vehículo eléctrico que se ha comercializado en México (el Electruck), la capacidad de carga ha sido típicamente un factor limitante ya que, como también sucede con el vehículo de combustión interna, la eficiencia del motor eléctrico se comporta de manera inversa al peso transportado. Sin embargo, existen otros vehículos eléctricos o prototipos de éstos que ofrecen posibilidades más amplias en lo referente a la capacidad de carga, como el Minibús Eléctrico II-UNAM. Por sus características de diseño este prototipo podría llegar a ser utilizado tanto para carga como para transporte público. Por esta razón, el análisis que se realizará a continuación tomará como base las características del Minibús Eléctrico II-UNAM, ya que además este vehículo está siendo desarrollado y probado en la Ciudad de México.

En el anexo I se presenta una tabla resumen de los principales tipos de vehículos eléctricos.

### **2.3. Panorama general del transporte en el AMCM.**

Como ya se ha mencionado, existen en términos generales los vehículos de transporte y los de carga. Los vehículos de carga pesada (es decir, de materiales de construcción, maquinaria, etc.) no resultan de interés para el presente estudio, ya que el uso de estos automotores se vería sumamente limitado en peso al tratar de introducir vehículos eléctricos y, además, generalmente no cuentan con rutas definidas para realizar los viajes, tanto en dirección como en longitud del recorrido, dificultando con ello la ubicación de la infraestructura adecuada para su funcionamiento. Así, los vehículos eléctricos que presentan mayores posibilidades para la introducción de vehículos eléctricos son los vehículos para pasajeros y los vehículos utilitarios de capacidad de carga reducida. Para estos dos tipos de vehículos, el panorama para su utilización en el AMCM es el siguiente.

#### **2.3.1. Vehículos para pasajeros.**

En el AMCM se realizan aproximadamente 29.45 millones de viajes diarios. Estos viajes obedecen a diversos motivos, entre los que destacan principalmente las actividades laboral y escolar, como se observa en la siguiente tabla.

**Tabla 2.2.1.1. Distribución de viajes por causa en horas pico.**

MOTIVO DEL VIAJE	MILLONES DE VIAJES	%
TRABAJO	7.36	25.0
ESCUELA	5.15	17.5
OTROS	2.5	8.5
REGRESO	14.43	49
<b>TOTAL</b>	<b>29.45</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Programa Integral de Transporte del Distrito Federal y Estado de México, DDF, 1991.

De acuerdo con el Programa Integral de Transporte del DDF y el Estado de México (1991), alrededor del 85% de los viajes son realizados en los medios de transporte del servicio público, que representan el 5.6 % del parque vehicular total para pasajeros. El restante 15 % se realiza en aproximadamente 2.4 millones de vehículos particulares, que representan el 94.4 % del parque vehicular. Así, existe una gran desproporción entre el número de vehículos particulares/viajes y el número de vehículos de transporte público/viajes. Dentro de los medios de transporte del servicio público, se encuentran el metro, los autobuses, los trolebuses (STE) y los taxis colectivos (principalmente combis y minibuses). Del total de viajes en el D.F., la mayoría se realizan en combis y minibuses, seguidos por el metro y luego por los autobuses. En el Estado de México, la mayor parte de los viajes se llevan a cabo en autobuses y en combis y minibuses.

**Tabla 2.2.1.2. Distribución de viajes por medio de transporte**

	MEDIO	NUMERO DE VEHICULOS (unidades susceptibles de operación)		VIAJES/PERSONA/DIA (millones de viajes)			
<b>DISTRITO FEDERAL</b>	Metro	2 269	0.09%		4.8	16.30%	
	Ruta 100	3500	0.15%		4.2	14.26%	
	STE	450	0.02%		0.535	1.82%	
	Combis Minibuses	50 000	1.99%		7.2	24.45%	
	Taxis	50 000	1.99%	<b>139 282</b>	1.0	3.40%	<b>25.05</b>
<b>ESTADO DE MEXICO</b>	Autobuses	7 000	0.28%	<b>5.6%</b>	5.5	18.68%	<b>85.1%</b>
	Combis Minibuses	19 561	0.78%		1.8	6.11%	
	Taxis	6 502	0.26%		0.02	0.07%	
<b>DISTRITO FEDERAL</b>	Automoviles Particulares	1 572 180	62.59%	<b>2 372 180</b>	3.3	11.21%	4.4
<b>ESTADO DE MEXICO</b>	Automoviles Particulares	800 000	31.85%	<b>94.4%</b>	1.10	3.74%	14.9%
<b>TOTAL</b>				<b>2 511 462</b>			<b>29.45</b>

Fuente: Programa Integral de Transporte del Distrito Federal y Estado de México, DDF, 1990.

De la información presentada anteriormente, es posible observar que los vehículos para pasajeros más importantes en el AMCM (con motor de combustión interna) son los autobuses, las combis y los minibuses. Estos vehículos, en conjunto con los automóviles particulares y los vehículos de carga, provocan que la velocidad promedio en las vialidades principales se reduzca hasta 7 km/h en las horas de mayor demanda (entre 6:00 y 9:00 a.m., y 16:00 y 19:00 p.m.), conforme al Programa Integral de Transporte del DDF y el Estado de México (1991).

Ahora bien, sabiendo que la mayoría de los viajes se realizan en taxis colectivos, resulta de interés analizar la demanda para este sector del transporte de pasajeros. De acuerdo con estudios realizados por la Coordinación General de Transporte (CGT) en 1994, se tiene que en el AMCM existen 827 ramales de rutas de taxis colectivos, de los cuales el 90% tiene una longitud de recorrido en ambos sentidos de hasta 20 km. En este tipo de ramales, la demanda diaria promedio de pasajeros asciende a 9,600 usuarios. Esta demanda se cubre a través de casi 70,000 vehículos, siendo el 53% unidades tipo combi, y el 42% minibuses, como se muestra a continuación.

**Tabla 2.1.1.3. Distribución de la flota vehicular de taxis colectivos.**

<b>TIPOS DE VEHICULOS</b>	<b>DISTRIBUCIÓN (%)</b>
<b>COMBI</b>	53.0
<b>MINIBUS</b>	42.3
<b>OTROS</b>	4.7
<b>TOTAL</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Coordinación General de Transporte, 1994.

**Tabla 2.1.1.4. Distribución de los ramales por intervalos de longitud.**

<b>INTERVALO DE LONGITUD</b>	<b>NO. DE RAMALES</b>	<b>PORCENTAJE</b>
<b>ENTRE 00-05 KM</b>	107	12.94%
<b>ENTRE 05-10 KM</b>	293	35.43%
<b>ENTRE 10-15 KM</b>	223	26.96%
<b>ENTRE 15-20 KM</b>	120	14.51%
<b>ENTRE 30-35 KM</b>	6	0.73%
<b>ENTRE 35-40 KM</b>	6	0.73%
<b>ENTRE 40-45 KM</b>	2	0.24%
<b>MAYORES A 45 KM</b>	2	0.24%
<b>TOTAL</b>	<b>827</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Coordinación General de Transporte, 1994.

A sí, es posible afirmar que el principal mercado para el transporte público se encuentra en el servicio de los taxis colectivos, por ser éstos los medios de transporte que realizan el mayor número de viajes y, por tanto, que transportan a la mayor parte de la población económicamente activa y escolar.

### **2.3.2. Vehículos utilitarios.**

En la actualidad, no se cuenta con un estudio específico para este tipo de vehículos en el AMCM. Por esta razón, fue necesario realizar una investigación de mercado acerca de vehículos utilitarios, tomando para ello una muestra de algunas de las empresas que los utilizan. Las empresas seleccionadas para el estudio fueron Sabritas, Cablevisión, Multivisión, Bimbo y Teléfonos de México. Para ello, se elaboró un cuestionario con preguntas generales para facilitar las entrevistas (anexo 2). Esta información fue recabada en el año de 1994.

A continuación se muestra un resumen de las entrevistas realizadas.

#### **2.3.2.1. Investigación en Empresas acerca de Vehículos Eléctricos.**

##### **BIMBO, S.A. DE C.V.**

Bimbo cuenta con 3, 100 unidades de distribución en el D.F., y con más de 10, 000 en el resto de México. Su horario de reparto es de 7:30 a. m. a 17 p. m. aproximadamente.

En Bimbo, en el año de 1990 se adquirieron 13 vehículos eléctricos de distintas marcas y modelos con el propósito de someterlos a prueba en distintos puntos de la Ciudad de México (zona centro principalmente) para observar las características de funcionamiento de cada uno de ellos.

Las marcas probadas fueron:

- KUSHMAN, modelos 348, 373, 336, con 8 baterías.
- TAYLOR DUNN, modelos B2-48, B2-10, ET1-50, con 8 baterías.
- EZGO, X1-881, con 16 baterías.

Tras las pruebas, los choferes se mostraron complacidos con el uso de los vehículos en lo que se refiere al manejo y al bajo mantenimiento. Además, se identificó que para las rutas típicas el tiempo promedio necesario de recorrido es de 135 minutos efectivos.

Por otro lado, al contribuir a la protección ambiental, el Gobierno ofreció como incentivo la depreciación de los vehículos en dos años (50% anual), cuando éstos sean movidos con energía eléctrica o gas natural.

Sin embargo, ninguno de estos vehículos satisfizo plenamente las características técnicas requeridas, las cuales son:

- Soportar una carga de 1.5 Ton.
- Velocidad de 30 km/h (para la zona centro de la Ciudad).

Debido a ésto, se solicitó a una compañía productora de vehículos eléctricos la adaptación de uno de sus vehículos para lograr las especificaciones requeridas por Bimbo, contemplando además cursos de capacitación para los choferes en lo que se refiere al manejo y mantenimiento.

Bimbo cuenta actualmente con 90 vehículos eléctricos.

### **SABRITAS, S.A. DE C.V.**

Sabritas, empresa del grupo Pepsi Co., cuenta con 500 vehículos eléctricos de marca Taylor-Dunn, lo cual representa alrededor del 30% del parque vehicular de dicha empresa en todo el país. Las especificaciones de estos vehículos son:

- Peso total: 1045 kg.
- Capacidad de carga: 682 kg.
- Baterías: 12, a 6 V, plomo-ácido.
- Velocidad: 50 km/h.
- Autonomía: 80 km.
- Tiempo de recarga: 8 h al 100%.

Su vida útil fluctúa entre los 20 y los 30 años (según datos del fabricante), y su mantenimiento es mínimo, ya que fundamentalmente consta de la revisión del nivel del ácido en las baterías. El fabricante, que en este caso es Taylor-Dunn, es también el proveedor de las baterías una vez que es necesario cambiarlas, tomando a cuenta las ya usadas y destinándolas a reciclaje.

Como dato adicional, se mencionó que el arancel por concepto de importación para un vehículo eléctrico es del 20% sobre su precio.

Los vehículos eléctricos tienen rutas específicas que se ajustan a sus características técnicas, recorriendo alrededor de 40 km diarios en un horario que va de las 7 a.m. a las 4 p.m.; el punto de inicio y término de su recorrido corresponde al depósito o estación de recarga.

Existen varios depósitos en el D.F. que operan vehículos eléctricos, entre los que se encuentran Vallejo, Naucalpan, Doctores y Coacoalco. Cada una de estas áreas cuenta con una subestación eléctrica para alimentar las baterías al final de la jornada, las cuales quedan con un 40% de carga aproximadamente.

Se tienen alrededor de 450 vehículos eléctricos en el área metropolitana de la Ciudad de México, 30 en Guadalajara y 20 en Monterrey.

En Sabritas se estima que el mayor costo asociado a un vehículo eléctrico es la depreciación y, a pesar de que el mantenimiento es mínimo y de que la electricidad resulta de un 20 a un 30% más barata que la gasolina de acuerdo a su experiencia, se considera que su costo total es superior al de un vehículo a gasolina de características similares debido a que tiene que ser importado (en este sentido, es importante mencionar que Industrias Murrel tiene planeado producir el Electruck nacionalmente, a través de una planta en la ciudad de Guadalajara, Jalisco). Dentro de los planes futuros de la compañía se tiene contemplada la adquisición de más vehículos eléctricos, aunque todavía no se tiene establecido ni el número de unidades ni la fecha para ello.

### **MVS MULTIVISIÓN.**

MVS Multivisión posee un total de 70 vehículos con motor de combustión interna, teniendo desde camionetas de 3.5 ton hasta V.W. Sedan. Estas unidades tienen dos usos, que son carga y servicio a clientes, siendo su periodo de renovación de 3 años.

Los vehículos destinados a carga trabajan 4 horas diarias y recorren alrededor de 50 km, mientras que los de servicio trabajan 8 horas y recorren 110-130 km aproximadamente.

La empresa cuenta con 10 unidades de carga, y cada una transporta un peso estimado de 500 kg.

Los vehículos no tienen rutas específicas, e inician su recorrido a partir de 5 centros existentes en el D.F., los cuales son Tlalpan (Taxqueña), Aeropuerto, Palmas, San Jerónimo y Satélite.

Durante la entrevista se reconoció que además de disminuir la contaminación ambiental, los vehículos eléctricos pueden traer otros beneficios tales como evitar altas velocidades por parte de los choferes y prescindir de la verificación semestral a que son sometidos los vehículos a gasolina.

Finalmente, se mencionó que la empresa cuenta con un programa ecológico que consiste en cambiar los vehículos actuales por vehículos a gas LP. Para ello, se han contactado una compañía italiana y otra española. A través de una de estas compañías, se tuvo conocimiento de una empresa japonesa productora de vehículos eléctricos, la cual no pudo satisfacer sus requerimientos de costo y carga.

## **TELMEX**

Esta empresa posee aproximadamente 20, 000 vehículos utilitarios en todo el país, de los cuales 7, 000 son VW sedan y 13, 000 pick up y camiones. La capacidad de carga requerida es entre 500 y 700 kg, la velocidad de 50 a 60 km/hr inclusive en pendientes, y una autonomía de 80 km.

Tienen planeado comprar 100 vehículos de gas, y se han probado vehículos eléctricos de marcas como Taylor Dunn y Kushman. De la primera, les fueron prestados tres, y se devolvieron debido a que no cumplieron con los requerimientos antes mencionados. Los vehículos de la marca Kushman estuvieron a prueba varios días, encontrándose que tenían una suspensión dura, baja velocidad y problemas en pendientes pronunciadas.

Se tiene contemplado el uso de vehículos eléctricos para el Centro Histórico de la Ciudad de México y áreas congestionadas de ciudades como Monterrey y Guadalajara.

## **CABLEVISIÓN, S.A. DE C.V.**

Dicha empresa cuenta con 200 vehículos utilitarios de los cuales el 70% son sedan y el 30% son panel, con un periodo de renovación de 6 años. El vehículo panel se utiliza para transporte de material y equipo con una carga de 600 kg mientras que el sedan transporta escaleras y carretas con una carga aproximada de 100 kg. La autonomía requerida es aproximadamente de 70 km al día.

Esta empresa posee ocho centros principales en zonas estratégicas a saber: San Ángel, Villa Coapa, del Valle, Balbuena, Lomas-Polanco, Satélite, Lindavista y Cuautlitlán. La distribución de estas agencias facilitaría el uso de vehículos eléctricos.

### **2.4. Posibilidades de utilización de vehículos eléctricos.**

De acuerdo con las categorías de vehículos establecidas anteriormente, se pueden identificar tres segmentos de mercado en el AMCM:

- a) **Uso particular**, conformado por todos los usuarios de vehículos particulares.
- b) **Distribución y carga** (utilitarios), formado por las flotillas industriales.
- c) **Transporte público**, constituido por todos los taxis colectivos (incluyendo autobuses, minibuses, combis y taxis).

De estos tres segmentos, el primero (uso particular) es el menos viable para la introducción de vehículos eléctricos, al menos por ahora. Esto se fundamenta en el hecho de que por lo general los usuarios prefieren comprar algún producto que ya ha sido ampliamente probado en cuestiones de desempeño y seguridad. El vehículo eléctrico, por tratarse de un producto que empieza a ser utilizado, no representa en este momento una opción de compra para la mayoría de los conductores de autos, acostumbrados a los ruidos de los motores de combustión interna y a las gasolineras. Por otro lado, la falta de infraestructura adecuada para la recarga de baterías no permite pensar en una introducción masiva de vehículos eléctricos particulares a corto plazo.

Así, el mercado objetivo estará constituido por los dos segmentos restantes.

#### 2.4.1. Mercado para vehículos de pasajeros.

En cuanto al mercado de vehículos para pasajeros, se realizó una clasificación de acuerdo con el tipo de transporte, la capacidad del vehículo y la distancia recorrida, como se muestra a continuación.

	<i>DISTANCIA CORTA</i>		<i>DISTANCIA LARGA</i>	
<i>PASAJEROS</i>	Poco volumen	Alto volumen	Poco volumen	Alto volumen
Transporte Urbano	<b>Minibús</b>	Autobús	Autobús	Metro
			<b>Minibús</b>	

El área sombreada indica que la clasificación más apropiada para las características de los vehículos eléctricos para pasajeros con fuente de energía propia son una distancia corta (hasta 15 km), un volumen bajo (hasta 30 pasajeros) y en zonas urbanas. De esta manera, el vehículo más apropiado resulta ser el minibús. Por lo tanto, para la selección de las posibles rutas que pudieran hacer factible la introducción de vehículos eléctricos, se tomarán en cuenta las características del minibús II-UNAM.

Para determinar el número de posibles rutas y sus ramales que pudieran resultar adecuados para la introducción del minibús eléctrico se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

- suponiendo por lo menos 4 recorridos (viaje redondo) con un paquete de baterías en una etapa inicial de introducción, se seleccionaron aquellas rutas con un kilometraje total no mayor a 15 km ida-regreso, con el propósito de no exceder la autonomía del minibús

- las rutas no deben presentar pendientes muy pronunciadas, ya que la eficiencia del vehículo eléctrico disminuye notablemente en este tipo de caminos
- durante el recorrido, deben existir las condiciones de camino necesarias para la libre circulación del minibus de acuerdo a sus dimensiones

Para reunir la información necesaria, se acudió a la Coordinación General de Transporte del Departamento del Distrito Federal (DDF), en donde se obtuvieron las principales características de cada ruta (anexo 3). A continuación se presentan las características promedio de las rutas con una longitud de recorrido no mayor a 15 km.

	LONGITUD (KM)			EDAD PROMEDIO DE LA FLOTA (años)	DEMANDA DIARIA DE PASAJEROS
	SENTIDO 1	SENTIDO 2	TOTAL		
PROMEDIO	5	6	11	8	9,584

Fuente: Coordinación General de Transporte del DDF, 1994

De esta manera, en lo que respecta a los vehículos de transporte público, se tiene que

- Existen alrededor de 17, 000 minibus dentro de la flotilla de taxis colectivos, lo cual representa un 42 % del total de vehículos pertenecientes a este tipo.
- El número de ramales de ruta que tienen una longitud menor o igual a 15 km es de 620 (75 %).
- Aunque en las horas de mayor afluencia de pasajeros los minibus generalmente llevan hasta 40 personas o más, la capacidad del minibus eléctrico (30 pasajeros o 2.1 toneladas) resulta viable, ya que a pesar de que este vehículo (al igual que su similar de combustión interna) no está diseñado para un peso mayor, puede soportarlo, aunque con una menor eficiencia del motor.

Así, es factible adaptar el minibus eléctrico a un gran número de ramales de rutas en el AMCM, debido a las características que posee.

#### 2.4.2. Mercado para vehículos utilitarios.

Dadas las características tanto de los vehículos eléctricos utilitarios como de la población del AMCM, el mercado para vehículos de carga puede ser dividido de acuerdo con la capacidad de peso y volumen, y con la densidad demográfica (número de habitantes por km<sup>2</sup>). Ahora bien, tomando en cuenta nuevamente las características del minibus eléctrico II-UNAM, se tiene que el mercado más adecuado sería aquel en que se tenga la necesidad de una capacidad de carga media (hasta 2.1 toneladas) y una zona con alto intercambio de bienes y servicios, como el centro de la Ciudad de México y la Zona Rosa. Esto obedece a

que por un lado, se requiere un mercado concentrado para no rebasar la autonomía del autobús eléctrico, y por otro, a que sería necesaria la ubicación de estaciones de recarga de baterías en puntos estratégicos. Así, si la zona no podría abarcar una área de gran tamaño (por ejemplo, aquellas que contienen una zona postal y parte del Estado de México), porque ello implicaría un mayor número de terminales de carga de baterías. Esto, a su vez, haría necesaria una mayor inversión de capital.

Con el propósito de conocer las necesidades y expectativas de los posibles usuarios de vehículos eléctricos utilitarios, se tomó un muestreo de empresas del sector privado, basado en su importancia y en el número de vehículos utilitarios que cada una posee (inciso 2.3.2.1.). Enseguida, se muestra una tabla resumen con las principales características requeridas por las empresas en estudio para un vehículo utilitario.

**Tabla 2.4.2.1. Resumen de características de vehículos utilitarios.**

	<b>TELMEX</b>	<b>CABLEVISION</b>	<b>INSUTIVISION</b>	<b>LABRITAS</b>	<b>BEBIDO</b>
<b>CAPACIDAD DE CARGA</b>	De 500 a 700 kg	panel 600 kg sedan 100 kg	500 kg	1500 lb 682 kg	1.5 Ton
<b>VELOCIDAD REQUERIDA</b>	De 50 a 60 km/hr	de 50 a 60 km/hr	de 50 a 60 km/hr	máximo 50 km/hr	30 km/hr (zona centro)
<b>AUTONOMÍA</b>	80 km	70 km/día	Vehic. de carga: 50 km vehic. de servicio: 110-130 km	80 km	2.25 horas (no se proporcionó la autonomía en km)
<b>VEHICULOS QUE POSEE LA EMPRESA</b>	7, 000 VW 13, 000 pick up y camionetas	140 sedán 60 panel	60 sedán 10 camionetas de 3.5 T	300 Vehículos Eléctricos	3,100 vehículos utilitarios en el D.F., Más de 10 000 en la República.
<b>PERIODO DE RENOVACIÓN</b>	6 años	6 años	3 años	Se mencionó que la vida útil de un V.E. es de 20 a 30 años	5 años
<b>INTENSIDAD DE USO DIARIO</b>	4 horas	10 horas	4 horas carga 8 horas servicio	9 horas	9.5 horas
<b>PLANES A FUTURO</b>	Comprar 100 de gas y 150 V.E. para usarse en áreas congestionadas de las 3 principales ciudades.	No Presentó información	Cuentan con un programa ecológico para cambiar los vehículos actuales por vehículos a gas LP	Planes de adquisición de más V.E.	Planes de adquisición de 300 V.E. para el D.F., Cuernavaca, Monterrey Puebla

**Mediante la información presentada anteriormente es posible concluir lo siguiente acerca del mercado de vehículos eléctricos utilitarios en el AMCM:**

**Las características generales requeridas por las distintas empresas en lo que se refiere a vehículos utilitarios son:**

- **Autonomía: 60-80 km**
- **Velocidad: 30-60 km/h**
- **Capacidad de carga: 500-700 kg (excepto Bimbo, que requiere 1.5 ton)**

**Esto, en términos generales, indica grandes posibilidades para la introducción gradual de los vehículos eléctricos ya que las características deseables se adaptan al minibus eléctrico II-UNAM como vehículo de carga, ya que éste puede soportar hasta 2.1 ton.**

**2.5. Análisis SWOT (Fuerzas, Debilidades, Oportunidades y Amenazas) para el Vehículo Eléctrico en el AMCM.**

<b>FUERZAS</b>	<b>DEBILIDADES</b>
Carencia de emisiones contaminantes a la atmósfera	Velocidad, autonomía y capacidad de carga limitadas
Menor mantenimiento respecto a los vehículos de combustión interna	Poca experiencia en su uso
Evita la verificación vehicular del programa "Hoy no circula"	Alto costo del vehículo
Puede circular los 365 días del año	Partes y refacciones importadas
Velocidad adecuada para la circulación en áreas con alta densidad de población	Alto tiempo de recarga de baterías en comparación con la carga de gasolina
Mínima emisión de ruido	
Utiliza una fuente de energía alterna a la gasolina	
<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
Gran interés por la ecología a nivel nacional y mundial	Poco conocimiento acerca de los vehículos eléctricos en México
Auge de los vehículos eléctricos a nivel mundial	Falta de infraestructura adecuada
Utilización de vehículos eléctricos por parte de grandes consorcios empresariales en el AMCM	Chofers en general acostumbrados al uso de vehículos de combustión interna
Desarrollo de prototipos y pruebas de vehículos eléctricos en el AMCM	Falta de consistencia en la introducción de vehículos eléctricos
Desarrollo tecnológico de fácil consenso	Falta de definición de incentivos fiscales para su uso
Nicho de mercado dentro de la fase terminal de la Industria Automotriz	

Al observar el análisis anterior es posible afirmar que a pesar de las debilidades y amenazas, el vehículo eléctrico tiene posibilidades de situarse como uno de los medios

alternativos de transporte en las grandes ciudades con problemas de contaminación, y especialmente en el AMCM, debido principalmente a su característica de cero emisión.

Para ahondar más en ello, es necesario abordar algunos de los puntos del análisis SWOT.

Aunque el vehículo eléctrico tiene características de desempeño más limitadas que el de combustión interna (velocidad y autonomía en especial), para los segmentos de mercado en los que se propone su utilización éstas resultan adecuadas. Si se piensa en una zona urbana con un alto intercambio de bienes y servicios, la velocidad del minibus no resulta en realidad "baja", aunque en este sentido el peso podría llegar a ser un factor determinante en la utilidad del vehículo.

En lo referente al costo, como ha ocurrido con las tecnologías que en un principio resultaban costosas y de difícil acceso (televisores, computadoras, teléfonos celulares, etc.), se espera que mediante la aceptación gradual del producto a nivel nacional pueda darse la posibilidad de llevar a cabo su fabricación en México a mediano plazo, con lo que podría obtenerse una reducción del precio.

Otro aspecto tal vez más difícil de mejorar es el referente al tiempo promedio de recarga. Para poder realizar una carga completa de un juego de baterías plomo-ácido en un tiempo mucho menor, se requeriría una infraestructura capaz de suministrar un mayor flujo de energía en menor tiempo. Dicha infraestructura puede llegar a desarrollarse una vez resuelto el factor costo.

Mediante lo expuesto anteriormente, se puede concluir que el vehículo eléctrico presenta una alta posibilidad de introducción como un medio de transporte alternativo en el AMCM.

## **2.6. Conclusiones**

Dentro de los mercados para vehículos eléctricos mencionados en el presente capítulo, se encuentra el de los vehículos utilitarios. Este segmento es importante para la introducción de vehículos, debido a que representa un gran volumen de unidades y a que los servicios prestados mediante éstas son indispensables en diversos sectores de la industria. Además, el uso de vehículos eléctricos en este segmento de mercado se encuentra favorecido por la experiencia en su uso con que cuentan algunos consorcios empresariales en el AMCM. Sin embargo, en el presente trabajo de tesis, los análisis a realizar para determinar la factibilidad de introducción de vehículos eléctricos en el AMCM se llevarán a cabo tomando como base el mercado correspondiente al transporte público, por las siguientes razones:

1. Existe una gran oportunidad para su utilización en la Ciudad de México, ya que es indispensable para las actividades diarias en cualquier ámbito.

2. La emisión de contaminantes de los minibuses actuales es alta en comparación con otros vehículos de combustión interna, debido a que realizan un mayor número de viajes durante el día, frenando y acelerando constantemente.
3. Los minibuses usados en México están diseñados y contruidos en México, lo que facilitaría la transición de un proyecto de desarrollo a la producción masiva de las unidades, al aprovechar la infraestructura de tales microbuses para la construcción de vehículos eléctricos.
4. El cambio y recarga de baterías se simplifica al tener los vehículos en una ruta fija, ya que es posible establecer estaciones de recarga en puntos estratégicos. Además, por la misma razón resulta más fácil establecer un control sobre la circulación de los vehículos.
5. En la actualidad, los minibuses son ampliamente utilizados para el transporte público, y por lo tanto la introducción o sustitución de minibuses a gasolina por minibuses eléctricos no implica un alto riesgo, debido a que no se pretende incursionar en un nuevo mercado.
6. En el mercado para vehículos utilitarios ya existe competencia específicamente en vehículos eléctricos, y además el tamaño del mismo es menor que el de transporte público.
7. Existe un amplio número de rutas con características accesibles para el uso del minibús eléctrico, como lo son distancias de recorrido adecuadas para la autonomía y áreas planas.
8. Hay posibilidades de obtener algún tipo de apoyo económico por parte del Estado en un futuro, ya que en primer lugar el transporte urbano constituye una función pública, y en segundo la tecnología utilizada para proporcionar dicho servicio minimiza la emisión de contaminantes a la atmósfera.

# **CAPITULO 3**

## **ASPECTOS TÉCNICOS DE INFRAESTRUCTURA**

### **3.1. Aspectos preliminares.**

Es posible observar que, en casi cualquier lugar, un vehículo de combustión interna cuenta con todos los servicios necesarios para su adecuado funcionamiento, como gasolineras y talleres de reparación. Esto se debe a que dicho vehículo es ampliamente utilizado para satisfacer las necesidades de transporte, como se estableció en el capítulo anterior, y por lo tanto debe contar con toda la infraestructura necesaria para que se pueda tener en operación el mayor tiempo posible. De la misma manera, un vehículo eléctrico requiere de una infraestructura para poder operar, y ésta debe cumplir con ciertas especificaciones de acuerdo con las características del vehículo. Es por ello que en el presente capítulo se tratarán los aspectos de mayor importancia para la creación de la infraestructura correspondiente a una estación de minibuses eléctricos para transporte público, como se estableció en el capítulo anterior, con las características requeridas por el Minibús Eléctrico II-UNAM. Para ésto, inicialmente se determinará el número de vehículos para el cual se requerirá diseñar la infraestructura con el propósito de tener una base sobre la cual realizar los cálculos pertinentes. Posteriormente, se expondrán algunos aspectos teóricos acerca del comportamiento de las baterías durante el ciclo carga-descarga, con el propósito de determinar el consumo de energía de cada batería así como algunos otros parámetros de importancia. Finalmente, se realizará un breve análisis acerca de otros aspectos relacionados con la infraestructura.

La infraestructura será diseñada para operar una ruta típica de transporte urbano, es decir, con un recorrido de 15 km viaje redondo, y una afluencia diaria de 9, 600 pasajeros.

Además de poder encontrar las características de la infraestructura, todo lo que será descrito en el presente capítulo servirá como base para realizar el análisis económico y financiero del proyecto de inversión, asunto que será tratado en el siguiente capítulo.

### **3.2. Determinación del número de vehículos eléctricos para una ruta típica.**

Para los análisis posteriores, se tomarán en cuenta las características del minibús eléctrico II-UNAM, así como la información descrita en los capítulos anteriores (rutas, demanda diaria de pasajeros, etc.).

Como se definió en el Capítulo 2, la distancia elegida para vehículos de pasajeros es de 15 km viaje redondo. Tomando en cuenta que la velocidad promedio en el AMCM es alrededor de 15 km/h (DGAU), un vehículo realizaría su recorrido completo en 1 hora. Por otro lado, como el minibus eléctrico tiene una autonomía de 70 km, cada paquete de baterías alcanzaría para 4 recorridos ida-regreso de 15 km (60 km), o bien 4 horas.

Cuando el vehículo eléctrico está funcionando continuamente, es necesario contar con baterías de repuesto almacenadas en el área de recarga, las cuales serán cambiadas en intervalos de aproximadamente 8 horas. En teoría es posible trabajar las 24 horas usando 2 juegos de baterías y 1 cargador por unidad, cuando el cargador es diseñado para recargar la batería de 7.5 a 8 horas. En estas condiciones, las baterías son alternadas sin un periodo de descanso. En la práctica es aconsejable usar 3 lotes de baterías y un cargador de 8 horas por unidad, ya que el periodo de descanso para cada batería es importante con el fin de mantener la temperatura de operación a un nivel razonable (menos de 43°C), alargando la vida útil de dichas baterías. Por ello, para el presente análisis se considerará este número de lotes para la operación del vehículo. Así, el minibus eléctrico podría estar en servicio un mínimo de 12 horas efectivas antes de recargar el primer lote de baterías.

Suponiendo que el servicio de transporte inicie a las 6 a.m., y termine a las 10 p.m., se tendrían 16 horas de servicio. Sin embargo, durante esta jornada diaria existen las llamadas "horas pico". De acuerdo con el DDF, estas horas son entre las 6 y las 9 a.m., y las 16 y 19 p.m., teniendo así un total de 6 horas pico. En estos horarios, los vehículos saldrían cada 5 minutos. Así, en cada hora se tendría la salida de 12 unidades (60 minutos / 5 minutos), como se muestra a continuación:

**Regreso**

T (h)	07:00	07:05	07:10	07:15	07:20	07:25	07:30	07:35	07:40	07:45	07:50	07:55
<b>Salida</b>												
06:00	VE 1											
06:05		VE 2										
06:10			VE 3									
06:15				VE 4								
06:20					VE 5							
06:25						VE 6						
06:30							VE 7					
06:35								VE 8				
06:40									VE 9			
06:45										VE 10		
06:50											VE 11	
06:55												VE 12

Ahora bien, cada 4 horas sería necesario hacer el cambio de paquete de baterías, colocando en el vehículo el cargado y comenzando a recargar el que se retiró. Se estima que cada cambio tardaría alrededor de 15 minutos (desmontaje y montaje), por lo que para evitar un retraso en la salida, se contaría con 3 vehículos adicionales, es decir, de acuerdo con el diagrama anterior, saldrían VE 13, 14 y 15, a las 07:00, 07:05 y 07:10 respectivamente. Así, se tendría un total de 15 vehículos, y una vez que cada unidad completara su primer recorrido y regresara al punto de partida, tendría un lapso de 15 minutos antes de volver a salir debido a las 3 unidades adicionales (3 x 5 minutos).

Durante las 10 horas restantes, es decir, aquellas que no son "horas pico", los intervalos entre la salida de cada vehículo deben ser mayores, ya que el volumen de pasajeros disminuye notablemente. Así, para los horarios que no son "pico", se tendría un intervalo de 10 minutos entre cada salida.

Anteriormente se mencionó que cada minibús, al contar con tres lotes de baterías, tendría al menos 12 horas efectivas diarias de trabajo sin necesidad de cargar ninguno de los lotes. En relación a ello, aunque la jornada diaria es de 16 horas, se tiene que cada minibús está en movimiento un menor tiempo, ya que se encuentra parado mientras espera su turno para salir. Así, no existe necesidad de cargar un lote dos veces para que vuelva a ser utilizado el mismo día, ya que la demanda de energía necesaria para operar el minibús queda satisfecha diariamente mediante los tres lotes cargados.

### **3.3. Experiencia en el uso de las baterías.**

#### **3.3.1 El ciclo de carga-descarga de las baterías.**

El ciclo de carga de una batería plomo-ácido es importante por dos razones: la vida útil y el consumo de energía. Dicho ciclo depende del voltaje y la intensidad de corriente aplicados durante el proceso de carga.

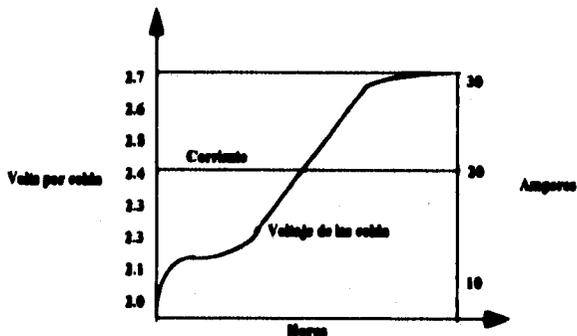
Cuando una batería de plomo-ácido se encuentra ya sea casi vacía o casi llena, su capacidad para almacenar energía se ve reducida debido a cambios en la resistencia interna de las celdas. Cargar rápidamente durante estos periodos causa gases y calor, lo que provoca que se reduzca la vida útil de la batería.

El consumo de energía en la recarga de baterías se obtiene al controlar la relación voltaje-intensidad de corriente.

En la gráfica 1 se muestra la carga con corriente constante en el caso ideal. Esto significa que, suponiendo que se tuviera una batería con capacidad de 200 Ah (Amperes-hora) y se quisiera cargar en 10 horas, se necesitaría una razón de 20 A (Amperes) por hora.

Desafortunadamente, sin restricciones en voltaje este puede subir más allá del voltaje nominal de las celdas (2.1 Volts), resultando en una sobrecarga que puede dañar las baterías y los circuitos de carga.

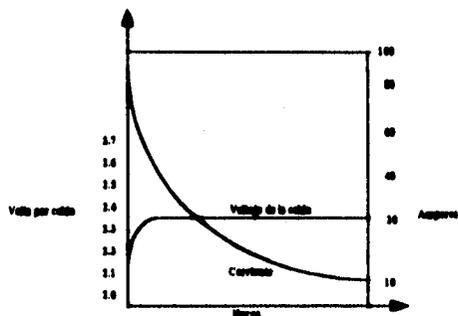
**Gráfica 1. Carga a corriente constante.**



De acuerdo con la Gráfica 1, cada celda alcanza un voltaje 2.7 V con una corriente de 20 A, haciendo necesario un total de 0.054 kVA por celda. Considerando que cada batería del minibús tiene 8 celdas, se obtiene que cada batería necesita alrededor de 0.43 kVA.

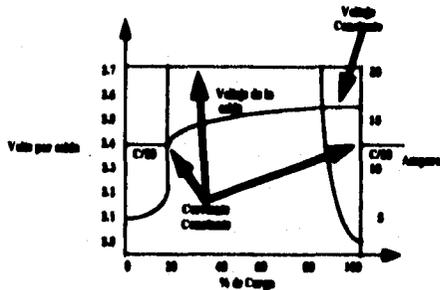
En la gráfica 2 de tensión constante para el caso ideal, dicho voltaje provoca un decremento en el flujo de corriente a través de la batería. Desafortunadamente sin restricciones en corriente, pasa demasiado flujo de corriente en una batería vacía, llegando a alimentar 100 A ó mas de corriente de carga para una batería totalmente descargada, lo cual puede provocar una disminución en la vida útil.

**Gráfica 2. Carga a voltaje constante.**



Por lo antes mencionado, la razón a la cual se suministra la corriente a las baterías, es de suma importancia. Idealmente, la manera de cargar una batería, de acuerdo al porcentaje de carga, se describe a continuación.

**Gráfica 3. Carga Ideal.**



✓ **De 0 a 20% de Carga.**

Cuando una batería está totalmente descargada es una fase crítica, por lo que durante esta fase del ciclo de carga, idealmente se desea cargar las baterías a razón de:

$$\text{Corriente de Carga} = C / 20h$$

donde C = Capacidad de la batería en Ah.

Por ejemplo para una batería con capacidad de 200 Ah, la corriente de carga será:

$$\text{Corriente de carga} = 200 \text{ Ah} / 20 \text{ h} = 10 \text{ A}$$

En la gráfica de carga ideal se muestra la corriente a razón de carga de C/20 durante el primer 20% del ciclo de carga para una batería de 200 Ah. Se observa como el voltaje sube lentamente, con lo que se conserva la vida útil de las baterías.

✓ **De 20 a 90% de Carga.**

En la mitad del ciclo se puede cargar a razón de C/10. Al aumentar la corriente de carga, esta fase se vuelve menos eficiente que la anterior (más energía gastada en pérdidas de calor debido a  $i^2r$ ).

Esta fase es la de mayor duración, pero si se requiere un tiempo menor (a una menor eficiencia y un mayor riesgo de las baterías) se puede cargar a razón de C/5 ó C/3, sólo si el

periodo de tiempo es esencial, teniendo precaución con la temperatura de las baterías para no exceder los límites permisibles.

Para nuestro ejemplo de una batería con capacidad de 200 Ah, la corriente a razón C/10 será:

$$\text{Corriente de Carga} = 200 \text{ A} / 10 \text{ h} = 20 \text{ A}$$

En la gráfica de carga ideal se observa como aumenta lentamente el voltaje hasta aproximarse a 2.5 Volts por celda cuando las baterías llegan a un 90 % de carga.

✓ De 90 a 100 % de Carga.

En esta fase hay que bajar a razón de C/20, o idealmente "conectar" a voltaje constante.

Si se conecta a un voltaje constante al final del ciclo de carga, las baterías totalmente cargadas toman un valor de 2.58 V por celda y la corriente cae rápidamente durante el último 10% de carga.

### 3.3.2. Energía de refresco.

Cuando cada una de las celdas que integran la batería comienza a descargarse, una vez que ésta se ha cargado al 100 % y sigue conectada al cargador, es necesario utilizar una cantidad adicional de energía eléctrica para mantener el nivel de carga alcanzado al final del ciclo descarga-carga. Esta energía se denomina "energía de refresco", y es necesaria para restaurar todas las celdas de las baterías a un estado igual de carga. La energía de refresco es suministrada con alguno(s) de los siguientes propósitos:

- mantener las baterías al máximo de eficiencia
- mantener las baterías al máximo nivel de carga
- eliminar efectos de sulfatación en baterías sin uso o en baterías descargadas.

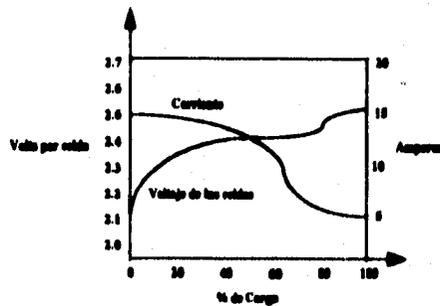
En esta fase, las baterías son protegidas de una sobrecarga con una corriente constante a razón de C/20, con un voltaje límite de 2.75 Volts.

Este proceso se realiza después de que la batería ha sido totalmente cargada, y después de 6 a 10 horas de que ha mantenido su nivel de carga. Dicho proceso debe realizarse cuando menos mensualmente, y en áreas bien ventiladas, ya que se producen sustancias gaseosas.

### 3.3.3. La carga real.

En los vehículos actuales de combustión interna la batería es recargada mediante un alternador. Sin embargo, como en el caso de los vehículos eléctricos se utilizan arreglos que contienen 6 o más baterías, no sería viable utilizar el mismo sistema. Así, la solución para recargar las baterías del vehículo eléctrico es energía de corriente alterna, un transformador, un rectificador, un regulador y un timer; que es la descripción de un cargador actual de baterías.

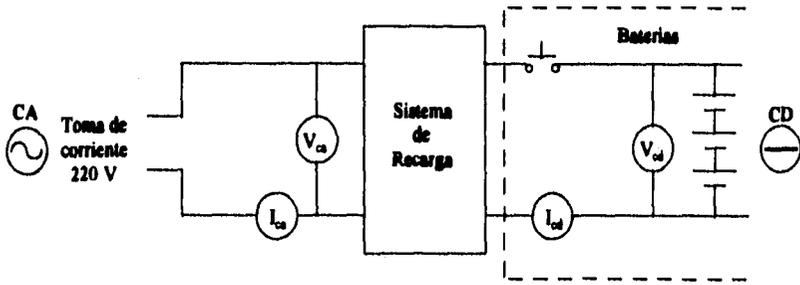
Gráfica 4. Carga Actual.



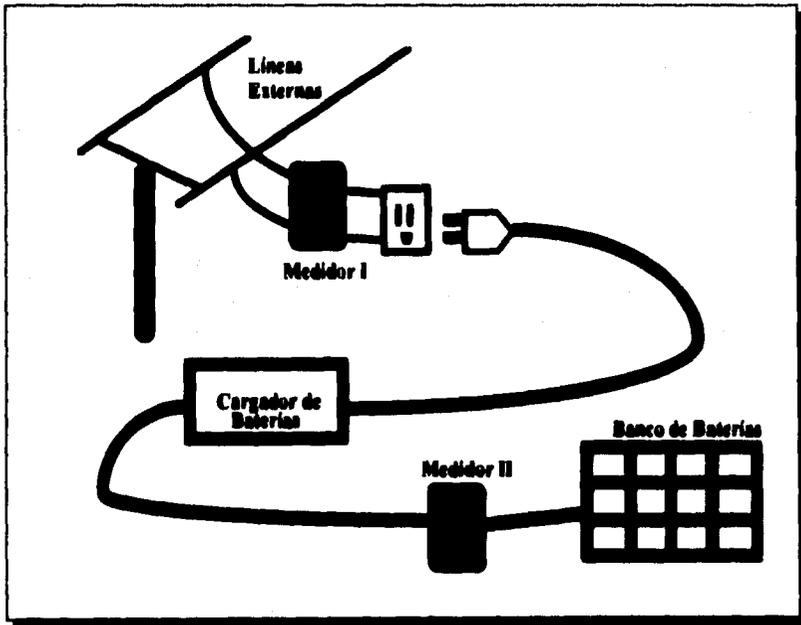
La gráfica muestra como funcionan los cargadores típicos usando el método de reducción de corriente durante el ciclo de carga, de acuerdo al aumento de voltaje de las celdas.

Así, el ciclo más idóneo para realizar el proceso de recarga de baterías es el que se realiza mediante los cargadores típicos. Estos cargadores cuentan con un sistema que regula el flujo de corriente así como la tensión mientras se lleva a cabo la recarga.

A continuación, se presenta el diagrama de la instalación de recarga de baterías para un vehículo eléctrico:



Los valores de las variables de las baterías (voltaje, corriente, energía consumida, etc.) pueden obtenerse mediante dos medidores, uno en la acometida y el otro después del cargador de baterías. El primer medidor verificará los valores de las variables de interés tal como pasarán al conector, mientras que el segundo indicará los valores antes de entrar a las baterías, permitiendo así detectar si existen fluctuaciones. Ésto se muestra en el siguiente esquema.



### **3.3.4. Proceso de recarga de baterías.**

La recarga se realiza con base en las necesidades del usuario. Considerando un tiempo promedio de recarga de 8 horas, se tienen dos tipos de carga:

✓ **Con demora:** el usuario programa el cargador para que comience a funcionar 8 horas antes de utilizar el vehículo, con el fin de evitar la energía de refresco. El beneficio de esta recarga es que se puede usar la energía eléctrica en los valles de la curva de consumo de energía eléctrica obteniendo tarifas de descuento, además de que se aprovecharía mejor la capacidad instalada. Los pasos a seguir son:

1. Se estaciona y apaga el V.E.
2. Se conecta el conector del recargador en el enchufe de la unidad.
3. Se energiza la línea.
4. Se verifica el tiempo de demora o el tiempo que falta para que arranque el cargador.

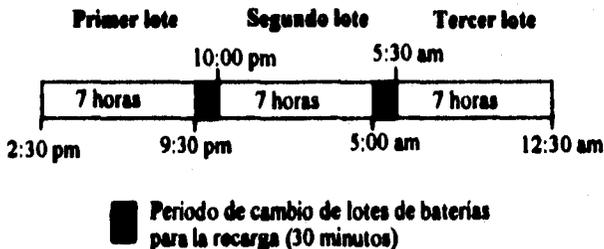
✓ **Sin demora:** el usuario recarga sus baterías sin dar un tiempo para que empiece a funcionar el cargador. En este caso, si se recargan las baterías (8 horas) y el cargador sigue conectado, las baterías se descargan conforme pasa el tiempo, por lo que es necesaria la energía de refresco para mantener al máximo el nivel de carga de las baterías.

En relación a lo anterior, durante un periodo de 1 año se realizaron mediciones del proceso de recarga de un vehículo eléctrico en forma consistente, obteniendo gráficas que describen el consumo de energía. Comparando dichas gráficas de consumos de energía, fue posible observar que en un caso, de la energía demandada para la recarga de las baterías sólo se utilizó el 68 %, mientras que el resto fue energía no aprovechada (energía de refresco). En otro caso, del total de energía demandada se utilizó prácticamente el 100 %, teniendo sólo un 0.03 % para energía de refresco (Instituto de Investigaciones Eléctricas, 1994). Mediante estos ejemplos es posible observar la diferencia entre los procesos de carga con demora y sin demora.

Ahora bien, relacionando lo anterior con el minibus eléctrico II-UNAM, en el punto 3.2. se definió que cada unidad debe contar con 3 lotes de baterías. Como también se mencionó en el mismo inciso, cada lote tiene una duración efectiva de 60 km ó 4 horas. Pero, como el minibus tiene una autonomía mayor a esto (70 km), cada lote se encuentra con un porcentaje de carga residual al momento de ser cambiado para su recarga. Este porcentaje asciende

aproximadamente al 15% (10 km/70 km), lo que significa que cada lote se carga sólo al 85%. Suponiendo que la recarga al 100% se realiza en 8 horas, se tiene que al 85% el tiempo se reduciría a 7 horas. El propósito de determinar esto, es diseñar un programa de recarga con el cual se evite al máximo la energía de refresco.

Para evitar la energía de refresco, se debe tener mayor cuidado en los casos en que los lotes se dejen cargando fuera del horario de trabajo (esto es, durante la noche), ya que no hay personal que pueda estar verificando el tiempo de recarga. Por ello, es importante la hora a la que comience la recarga de estos lotes. Así, si la recarga inicia a las 10:00 pm (cuando termina el segundo turno de trabajo), los lotes estarían cargados alrededor de las 5:00 am, hora en la que tendría que llegar el personal de mantenimiento del primer turno. Con ello, se evitaría la energía de refresco al inicio de la jornada. Ahora bien, suponiendo un tiempo de 30 minutos para el cambio entre lotes en el sistema de recarga, y realizando un análisis retrógrado a partir de las 10:00 pm, los lotes anteriores tendrían que comenzar a cargarse a las 2:30 pm. Con esto, estarían listos dos lotes por minibús. Finalmente, el tercer lote se cargaría a partir de las 5:30 pm, como se muestra en el siguiente diagrama.



Con lo anterior, se evitaría la energía de refresco y se tendrían listos los 3 lotes necesarios para operar el minibús. Aquí, es importante mencionar que algunos fabricantes de automóviles eléctricos mencionan que si la carga de baterías plomo-ácido se realiza a una tensión de 220 V, el tiempo de ésta se reduce en un 50%, es decir, a 4 horas. Sin embargo, para el presente trabajo se consideró un tiempo promedio de recarga de 8 horas, obedeciendo principalmente a dos razones: la primera, que no se cuenta con una fuente confiable de información acerca de la reducción real en el tiempo de recarga, y la segunda, que para el análisis económico y financiero se tomará una posición conservadora, con el propósito de reducir los riesgos por concepto de planeación de costos.

Así, cabe resaltar la importancia de seleccionar el procedimiento adecuado para evitar desperdicios de energía, buscando que la finalización de la recarga de baterías sea poco antes de requerir el vehículo eléctrico, es decir, con demora.

### 3.3.5. Vida útil de las baterías.

La vida útil esperada para las baterías plomo-ácido resulta un factor de importancia en la manutención de un vehículo eléctrico, ya que de éstas depende su funcionamiento. Además, contando con este dato es posible determinar el momento en que se requerirá una cantidad específica de baterías, logrando con ello una mejor planeación de los gastos.

A continuación se presenta una tabla acerca de la vida útil de las baterías plomo-ácido. En ella, se relaciona el número de ciclos carga-descarga con la capacidad residual de la batería..

**Tabla 3.3.5.1. Vida útil de las baterías plomo-ácido.**

<b>Razón de descarga (%) "X"</b>	<b>Ciclos Carga-Descarga (vida útil esperada para una capacidad residual "X")</b>
10 al 40	2, 800
50	2, 300
60	1, 950
70	1, 700
80	1, 500
90	1, 250
100	800

Fuente: FULMEN, CPM BATTERIES Ltd., Inglaterra, Julio de 1994.

De la tabla anterior, se concluye que la vida útil esperada es inversamente proporcional a la razón de descarga; es decir, que entre menor sea la capacidad residual de las baterías al momento de la carga, mayor será su vida útil.

De acuerdo con la tabla 3.3.5.1., se podría esperar una vida útil de las baterías de un mínimo de 2, 800 ciclos carga-descarga, debido a la capacidad residual de 15 %. Suponiendo que cada paquete de baterías se recargue 1 vez por día, cada batería tendría que ser reemplazada teóricamente a los 2,800 días, es decir, a más de 7 años de haber sido comprada (considerando 365 días por año). Sin embargo, desde un punto de vista conservador, para el presente trabajo se considerará que el reemplazo ocurre al cuarto año de su adquisición.

### 3.4. Consumo de energía eléctrica.

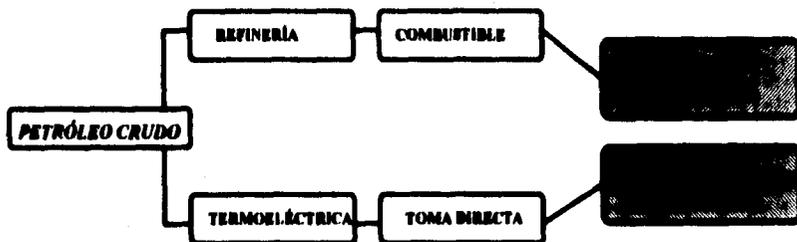
La energía eléctrica utilizada para el funcionamiento del vehículo eléctrico es un elemento determinante para el diseño de la infraestructura, ya que ésta viene a ser el "combustible" que permite su operación.

Las baterías de los vehículos eléctricos pueden ser recargadas con energía generada en plantas termoeléctricas. Una planta termoeléctrica ofrece la ventaja de que la emisión de contaminantes a la atmósfera se encuentra centralizada (geográficamente hablando) y además, la planta se localiza generalmente fuera de las zonas urbanas. Con esto resulta menos problemático el control de contaminantes atmosféricos en las ciudades. Además, las plantas termoeléctricas no son la única fuente para la generación de energía eléctrica, sino que existen otras, como las plantas hidroeléctricas o las termoneucleares.

En relación a lo anterior, un estudio realizado por el CARB (*California Air Resources Board*) indica que, aún después de tomar en cuenta las emisiones de las plantas generadoras de electricidad, los vehículos eléctricos reducen los hidrocarburos (HC) en un 99%, el óxido de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) en un 80%, y el monóxido de carbono (CO) en un 97%, en comparación con los vehículos a gasolina. Por otra parte, el "combustible" (energía eléctrica) está concentrado en un sólo punto y tiene un alto grado de eficiencia.

El CARB plantea que un vehículo eléctrico cuyas baterías están cargadas con energía derivada de plantas termoeléctricas contamina la décima parte de lo que contamina un vehículo de combustión interna, basado en los siguientes supuestos:

- ✓ la eficiencia de la planta termoeléctrica es de 32% vs. 25% del motor de CI (Combustión Interna)
- ✓ la eficiencia del motor eléctrico es del 80% vs. 25% del motor de CI
- ✓ alta eficiencia en general del auto eléctrico en el aprovechamiento de la energía.



Con base en el hecho de que el motor eléctrico es más eficiente que el motor de combustión interna, se puede pensar que el consumo de energía eléctrica resulta en un

menor costo respecto al consumo de algún combustible derivado del petróleo, como la gasolina. Para comprobar la veracidad de esta teoría, se puede utilizar la información expuesta a continuación.

#### **3.4.1. Tarifas de consumo.**

Para poder determinar el costo por concepto de consumo, es necesario ubicar dentro de qué tarifa se encuentra el uso que se le está dando a la energía eléctrica (doméstico, industrial, etc.).

A partir del 22 de octubre de 1992, se plantearon adecuaciones distintas en las tarifas, en función de las condiciones específicas que guarda la relación entre el precio medio y el costo medio actuales de aquéllas, y de los apoyos que el Gobierno Federal decidió otorgar a diferentes grupos de usuarios, realizándose además ajustes mensuales en función de la evolución de las condiciones económicas.

El costo de la energía eléctrica depende de la tarifa que se contrate, e influye en la evaluación económica. Por ello, para dicha evaluación se considerará la tarifa O-M en el caso en que se tengan estaciones terminales de carga y tarifa 1 para los casos de concesionarios unitarios.

Los distintos tipos de tarifas, correspondientes a diciembre de 1995, se presentan en el anexo 4.

#### **3.4.2. Análisis de Consumo de Energía-Pasajeros-Costo.**

En el Instituto de Ingeniería de la UNAM se desarrolló un análisis para determinar los costos por kilómetro y pasajero para el Minibús Eléctrico II-UNAM, a través de ecuaciones que relacionan las eficiencias de los elementos principales de un vehículo eléctrico (inversor, transmisión mecánica, motor eléctrico), con sus características físicas (masa, área frontal), sus coeficientes aerodinámico y de rodamiento, y otros parámetros de interés (aceleración de la gravedad, densidad del aire). Este análisis energético, desarrollado en 1994, tiene el propósito de determinar los costos originados por la utilización de un vehículo eléctrico para transporte de pasajeros. Tomando en cuenta las características del Minibús Eléctrico, se obtuvieron los siguientes resultados:

- ✓ Energía necesaria para acelerar el vehículo: 27.86 kWh
- ✓ Energía necesaria para vencer las fuerzas resistentes: 80.36 kWh
- ✓ Energía regenerada en el frenado: 22.29 kWh
- ✓ Consumo de energía eléctrica del vehículo por jornada: 164.01 kWh

Es importante mencionar que para este análisis se consideraron 312 días hábiles/año, por lo que el consumo de energía total anual ascendió a 51, 171.12 kWh para un vehículo. Si ahora consideramos las características propias de la ruta establecida al inicio de este capítulo, es decir, una longitud total de recorrido de 15 km con una velocidad de 15 km/h y una demanda promedio diaria de pasajeros de 9, 600 personas (Capítulo 2), se obtiene que:

- ✓ el recorrido anual en kilómetros es  $(312 \text{ días})(15 \text{ km/h})(12 \text{ h efectivas}) = 56, 160 \text{ km}$
- ✓ la carga promedio por vehículo es de  $(9, 600 \text{ pasajeros}/15 \text{ vehículos})/12 \text{ horas} = 53 \text{ pasajeros/recorrido u hora}$
- ✓ la demanda anual de pasajeros es de  $[(53 \text{ pasajeros/unidad})(56, 160 \text{ km})]/15 \text{ km} = 198, 432 \text{ pasajeros/vehículo}$

De lo anterior, y con la tarifa actualizada a diciembre de 1995 (de acuerdo con el Diario Oficial de la Federación), que es de \$0.15369 kWh, se tiene que en relación al consumo de energía,

$$\text{Coste por kilómetro} = (51, 172.12 \text{ kWh}/56, 160 \text{ km}) * 0.15369 = \$ 0.140 / \text{km}$$

$$\text{Coste por pasajero} = (51, 172.12 \text{ kWh}/198, 432 \text{ pasajeros}) * 0.15369 = \$ 0.040 / \text{pasajero}$$

Ahora bien, el análisis anterior fue realizado con base en cálculos teóricos, ya que como se recordará el minibús eléctrico es un prototipo que apenas comienza a ser probado en el campo. Por esta razón, se decidió realizar un nuevo cálculo de costos sobre las mismas bases que el anterior, sólo que utilizando información de campo obtenida en pruebas que se realizaron con una Van por parte del Instituto de Investigaciones Eléctricas. Los parámetros de las pruebas realizadas fueron los siguientes:

✓ longitud total del recorrido: 32.69 km; de metro Chapultepec a Central de Abastos en ambos sentidos, con una demanda diaria de 6, 054 pasajeros

✓ parámetros del vehículo eléctrico (G-Van):

- masa de vehículo (sin carga) (m): 3, 545 kg
- área frontal (A): 4.17 m<sup>2</sup>
- Coeficiente de rodamiento (r<sub>0</sub>): 0.014
- Coeficiente aerodinámico (Cd): 0.34
- Eficiencia nominal del motor (η<sub>m</sub>): 0.93
- Eficiencia del inversor (η<sub>i</sub>): 0.94
- Eficiencia de la transmisión mecánica (η<sub>t</sub>): 0.92
- Eficiencia global de carga y descarga de baterías (η<sub>bg</sub>): 0.80

- Eficiencia de transmisión de la energía eléctrica ( $\eta_{te}$ ): 0.87
- Peso promedio por pasajero: 70 kg
- Carga promedio durante el recorrido: 700 kg ó 10 pasajeros
- Número de días hábiles por año (Nd): 312
- Aceleración de la gravedad (g): 9.81 m/s<sup>2</sup>
- Densidad del aire ( $\rho$ ): 1.29 kg/m<sup>3</sup>
- Tarifa de \$0.15369/kWh

✓ el vehículo necesita energía para vencer las fuerzas resistentes (rozamiento estático y cinético), para acelerar, y para el regenerado en el frenado.

El análisis respectivo se muestra en el anexo 5.

Los resultados obtenidos tras realizar el análisis energético son:

✓ Consumo de energía anual:

22, 570 kwh

✓ Energía necesaria para satisfacer dicho consumo:

25, 940 kwh

✓ Costo por kilómetro recorrido:

0.060 \$/km

✓ Costo por pasajero (70 kg):

0.080 \$/pasajero

Si recordamos que el costo por kilómetro recorrido para el minibus eléctrico fue de \$0.14, es posible observar que el resultado fue menor para el caso práctico con respecto al teórico.

Ahora bien, para poder hacer una comparación entre el vehículo eléctrico y el de combustión interna de acuerdo con los resultados de este análisis, es necesario obtener el costo por kilómetro para el segundo. En este sentido, es importante mencionar que no existe ningún estudio formal sobre el gasto real de gasolina, dimensiones, coeficientes, etc., para los microbuses actuales debido por un lado a que es difícil unificar criterios en cuanto a tipo de motor, tamaño, eficiencias y carga por las variaciones en dichos aspectos que estos vehículos presentan entre sí, y por otro a que la SECOFI no exige ninguna reglamentación en lo que se refiere al rendimiento de gasolina por kilómetro de los microbuses, como en el caso de los automóviles.

De acuerdo con una investigación realizada por la Dirección General de Autotransporte (DGAU), en base a los tipos de motores que predominan en los microbuses, se determinó un

rendimiento teórico o nominal de 5.5 a 5.7 km/lt. Sin embargo, por medio de una encuesta realizada por el IIE a 224 conductores de microbuses en el AMCM, se encontró que en promedio éstos consumen 100 lts diarios de gasolina, con un rendimiento de 1.76 km/lt.

Así, y tomando un precio de la gasolina magna sin de \$2.6/lt (junio de 1996), se tiene para un microbús con motor de combustión interna:

- ✓ Costo por kilómetro recorrido con rendimiento nominal (5.6 km/lt):

**\$ 0.46 /km**

- ✓ Costo por kilómetro recorrido con rendimiento de 1.76 km/lt:

**\$ 1.48 /km**

De lo anterior es posible concluir que tomando en cuenta sólo el consumo de energía (electricidad o gasolina), el vehículo eléctrico resulta en un menor costo respecto al de combustión interna.

### **3.5. Estaciones de Recarga.**

Es imposible dar las recomendaciones precisas para el layout de una estación, si no se conoce el número de vehículos y el espacio disponible.

En términos generales, la estación de recarga debe considerar los siguientes aspectos:

- ✓ Una estación adecuada al número de vehículos.
- ✓ Líneas de distribución de energía.
- ✓ Dispositivos de seguridad (como interruptores de seguridad).
- ✓ Equipos de carga (cargadores individuales o múltiples).
- ✓ Baterías no selladas (equipo de alimentación de agua).
- ✓ Áreas de apilamiento de baterías, áreas para mantenimiento, estacionamiento y zonas de acceso (entrada y salida).

La distribución de los equipos dependerá de la ubicación y tamaño del terreno. Para esto, es recomendable planear con base en un espacio unitario necesario para cada vehículo multiplicado por el número de vehículos.

En algunas estaciones los cargadores pueden estar montados en las paredes. En este caso es conveniente que estén a una altura determinada, para que el operador maneje los controles y se protejan de la humedad de los pisos, en caso de exteriores.

Se debe de tener un claro de espacio para aire de ventilación de aproximadamente 45 cm en todos los lados del cargador. Las baterías deben estar bien acopladas con el correcto

**tamaño del cargador. Si la carga es considerable y los cargadores son conectados al mismo abastecimiento, es recomendable distribuir la carga en 3 fases de abastecimiento.**

**El abastecimiento a cada cargador debe estar provisto de un fusible y un interruptor de control, para hacer posible el mantenimiento de cada cargador sin interferir con la operación de los restantes.**

### **3.5.1. Layout de una terminal de minibuses eléctricos.**

**Las dimensiones del minibús eléctrico son 7.19 x 2.40 m, lo que equivale a un área de 17.26 m<sup>2</sup> por 2.82 m de altura. Con este dato, y sabiendo que se tendrá una flotilla de 15 minibuses, el área destinada a ser la terminal de carga de los vehículos tendrá las siguientes características:**

- Un andén para el ascenso y descenso de pasajeros, con una longitud suficiente para albergar a 5 minibuses. Así, para cada minibús se estima un espacio de 72 m<sup>2</sup> (9 x 8 m), teniendo una área de 360 m<sup>2</sup>.**
- Un área de estacionamiento techada para los 15 minibuses que pueda ser usada para la carga/descarga de baterías, con espacio suficiente para maniobras con montacargas, paquetes de baterías y personal, además de una ventilación adecuada entre bancos de baterías. Entonces, calculando 200 m<sup>2</sup> para la zona de maniobras y 20 m<sup>2</sup> por vehículo para conectar y cargar cada paquete de baterías, se tiene un total de 500 m<sup>2</sup>.**
- Un almacén para baterías y 3 montacargas, con una altura de 5 m y un área de 100 m<sup>2</sup>.**
- Un área para la subestación eléctrica. En lo que se refiere a la subestación eléctrica, el consumo estimado por cada batería durante el proceso de carga se obtiene mediante la información derivada de la Gráfica 1 (carga a corriente constante), es decir, de alrededor de 0.50 kVA por batería. Para poder tener listo al menos un paquete de baterías recargadas por cada minibús, la subestación debe tener como mínimo una capacidad suficiente para cargar 15 paquetes de baterías al mismo tiempo, es decir, 600 baterías de 133 A-h a 12 V. Tomando en cuenta el dato de consumo por batería, se requiere una subestación de 300 kVA; sin embargo, es recomendable tener un margen de seguridad para evitar problemas posteriores con la capacidad. Así, los 300 kVA más un 16.67 % como margen de seguridad suman un total de 350 kVA, siendo ésta la capacidad adecuada para la subestación eléctrica. El área aproximada que ocupa una subestación eléctrica con estas características es de 25 m<sup>2</sup>.**
- Una oficina con un área de 20 m<sup>2</sup>, para albergar a dos personas.**
- Vías para la libre circulación de los minibuses entre las diferentes áreas, así como una entrada y una salida.**

- Un área de ascenso y descenso de pasajeros en el punto donde el minibus finaliza su recorrido de ida, de características similares al andén dispuesto para la terminal pero para albergar a 1 minibus, además de una caseta para que los choferes chequen su hora de salida y entrada de dicho punto. Con ello, se tendría un área aproximada de 80 m<sup>2</sup>.

Así, el área total necesaria para una terminal con estas características asciende a 1, 200 m<sup>2</sup>.

Para realizar los movimientos necesarios de carga y descarga de baterías, se requieren 3 montacargas, con una capacidad de carga de 1, 200 kg, ya que el peso de cada lote de baterías para el minibus II-UNAM asciende a 1, 150 kg.

Para el cálculo del cable principal, clavija de conexión, interruptor y tamaño de los fusibles, podemos seguir los siguientes pasos, para una primera aproximación en el caso específico del minibus II-UNAM:

✓ evaluación del cargador

Corriente =  $(1.43)(\text{capacidad de la batería en Ah a razón de 5 h}) / (\text{periodo de carga en h})$ .

Para el minibus eléctrico, con una capacidad de baterías de 133 Ah y con un periodo de carga de 8 h:

Corriente =  $(1.43)(133 \text{ Ah}) / 8 \text{ h} = 23.8 \text{ A/minibus}$

Para 15 minibuses, se tiene:

$$(23.8 \text{ A})(15) = 357 \text{ A}$$

En el caso de una sola fase: el máximo valor de corriente inicial alterna es dado por:

$(4)(\text{no. de celdas})(\text{corriente inicial directa}) / \text{A.C. voltaje por fase}$

En el caso de tres fases:

Corriente por fase =  $(2)(\text{no. de celdas})(\text{corriente directa}) / \text{A.C. voltaje}$

### 3.5.2. Recomendaciones generales en una estación de recarga.

- ✓ La estación deberá tener una buena ventilación, razonablemente fresca y con espacio, para que el V.E. y las baterías puedan tener mantenimiento en el mismo lugar.
- ✓ Es recomendable tener instrumentos que chequen las condiciones de las baterías, como: hidrómetro, termómetro, voltmetro y amperímetro.
- ✓ Un botiquín de primeros auxilios que contenga líquido limpiador de ojos, ya que una salpicada de ácido en un ojo requiere de inmediata atención.
- ✓ Se debe evitar cualquier fuga de gases, ya que se puede provocar una explosión; es recomendable tener extinguidores.
- ✓ Se debe de encontrar el procedimiento más adecuado para reducir desperdicios (energía no utilizada de refresco).
- ✓ Mantener a las baterías lejos de flamas, particularmente durante la carga, para evitar el riesgo de explosión causado por la ignición de la mezcla de gases.
- ✓ Mantener todas las celdas y contenedores de las baterías limpios y secos. Cualquier corrosión del metal debe ser eliminada, raspando y neutralizando cualquier ácido con una solución de amoníaco o una solución de carbonato de sodio (sosa). Para una protección adicional contra la corrosión, previo lavado y secado de las charolas, es conveniente cubrir con una pintura a prueba de ácidos o petrolatum (vaselina).
- ✓ Checar las clavijas y enchufes usados para conectar las baterías al cargador ya que pueden tener sobrecalentamiento debido a que dichos contactos no sean los necesarios.
- ✓ Mantener el nivel de agua en niveles permisibles.
- ✓ Evitar descargas excedentes en las baterías.

# **CAPITULO 4**

## **EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA PARA LA INTRODUCCIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN EL TRANSPORTE PÚBLICO.**

### **4.1. Objetivo y metodología de la evaluación económica y financiera.**

Para poder convencer a un inversionista de aportar capital para un proyecto de inversión es necesario demostrar las posibilidades de realización del mismo a través de bases económicas. Por ello, el propósito del estudio económico y financiero que se presenta a continuación es demostrar la factibilidad para la introducción de vehículos eléctricos en el AMCM. Dicho escenario será planteado para un segmento de mercado específico: el transporte público, ya que, como se estableció en los capítulos anteriores, éste constituye un sector de gran importancia para las grandes ciudades, y en especial para la Ciudad de México.

Para plantear la evaluación económica y financiera se tomarán en cuenta todos los elementos de infraestructura definidos en el Capítulo 3, es decir, se llevará a cabo con base en una terminal para minibuses eléctricos (tipo II-UNAM) con capacidad para albergar a 15 minibuses, recargar baterías, y realizar operaciones de ascenso y descenso de pasajeros.

Para realizar el estudio, en primer lugar se establecerá la inversión inicial necesaria para la puesta en marcha del proyecto, y posteriormente se determinarán los ingresos y egresos originados a lo largo de un periodo de 10 años. Lo anterior se realizará a precios constantes, con lo cual se supone que los egresos y los ingresos aumentan de manera proporcional durante el periodo de estudio, y por lo tanto que la ganancia o superávit también tiene este comportamiento. El propósito de llevar a cabo el estudio de esta manera es proporcionar una idea más clara de los aspectos económicos que implicaría la realización del proyecto, ya que si se llegara a considerar la inflación podría resultar más difícil apreciar todos los costos implicados durante cada año de operación de la terminal.

Una vez obtenida esta información, se calculará la tasa interna de retorno (TIR), con la que será posible estimar la recuperación de la inversión en función del tiempo, además del estado de resultados de la empresa al cabo de los 10 años de operación, con el fin de tener parámetros de referencia para analizar su rentabilidad.

#### **4.2. Inversión Inicial**

A continuación se mencionarán todos los conceptos necesarios. Estos conceptos de inversión se fundamentan en los requerimientos establecidos dentro de las especificaciones técnicas en el capítulo anterior.

- ✓ **Minibuses eléctricos.** Como se mencionó anteriormente se requieren 15 unidades, de acuerdo con el tiempo de recorrido promedio. Sin embargo, como el minibus eléctrico actual es un prototipo y aún está siendo probado, no es posible tomar su costo de desarrollo como un parámetro confiable. Por esta razón, el costo del minibus se supondrá en \$ 375, 000 por unidad. Este costo contempla el cargador necesario para la recarga de baterías, ya que todos los vehículos eléctricos que están siendo comercializados en la actualidad incluyen este dispositivo debido a que no existe la infraestructura adecuada para su recarga en las áreas de circulación.
- ✓ **Lotes de baterías.** Al requerir 3 lotes de baterías por unidad, en relación al tiempo carga-descarga de las mismas, es necesario adquirir 1, 800 baterías al comienzo del primer año. Realizando investigaciones de campo al respecto, se determinó un precio promedio de \$ 220.00 por batería.
- ✓ **Subestación eléctrica.** De acuerdo con lo estipulado en el capítulo anterior respecto a la energía necesaria para la carga de las baterías, se requiere una subestación eléctrica de 350 kVA. Ésta tiene un costo promedio de \$ 400, 000.00, de acuerdo a información proporcionada por empresas que han adquirido este tipo de equipo en el transcurso del presente año.
- ✓ **Montacargas.** Para retirar y colocar los juegos de baterías en el minibus se requieren 3 montacargas con capacidad de 1, 500 kg cada uno. De acuerdo con la empresa Caterpillar, el costo por montacargas asciende aproximadamente a US\$ 40, 000.00.
- ✓ **Terreno.** El área total del terreno requerido para la terminal de minibuses es de 1, 100 m<sup>2</sup>, mientras que el andén dispuesto en el punto final de la ruta es de 80 m<sup>2</sup>. En promedio, un terreno ubicado alrededor de zonas de alto intercambio de bienes y servicios presenta un costo de \$ 1, 000 por m<sup>2</sup>, por lo que se tendría un costo total de \$ 1, 180, 000 por este concepto.
- ✓ **Construcción de oficinas, almacén e instalaciones.** La construcción de oficinas y almacén constaría básicamente de lámina metálica galvanizada cubierta con algún material aislante para evitar altas temperaturas en el interior. Con base en investigaciones de campo, se determinó un costo de \$ 1,500/m<sup>2</sup> para este tipo de

construcción, incluyendo instalaciones. En lo que se refiere a la construcción de los andenes, que constan sólo de un resguardo para pasajeros y barandales metálicos, se determinó un costo de \$ 700/m<sup>2</sup>.

En lo que respecta a los dos últimos puntos, el terreno y la obra civil, se plantea la posibilidad de una concesión. Una concesión ocurre cuando el Gobierno Federal permite que funciones propias del Estado (como el transporte público) sean realizadas por una empresa del sector privado. Con ello, a través del Estado se obtiene el derecho de uso del terreno incluyendo la construcción necesaria mientras se realice una función pública. Se supondrá que los pagos por concepto de derechos de uso ascienden al 2% de los ingresos anuales.

#### **4.3. Costos de operación.**

Es importante mencionar que la mayor parte de los conceptos que se enlistan a continuación están basados en investigaciones de campo y supuestos de acuerdo con información recabada a lo largo del presente trabajo.

- ✓ **Lotes de baterías.** Teóricamente, cada batería tiene una vida útil de alrededor de 2,800 ciclos carga-descarga. Sin embargo, para prever la gradual sustitución de baterías cada año, se realizarán compras con el propósito de tener un stock suficiente para satisfacer los requerimientos periódicos de los acumuladores de energía. Así, tomando como base un total de 1,800 baterías (600 baterías/flotilla de 15 unidades x 3 juegos), se planearon costos del 20% respecto a dicha cantidad en el segundo año, 40% en el tercero, 60% en el cuarto, 20% en el quinto, y finalmente 40 % en el sexto.
- ✓ **Mantenimiento y refacciones de los minibuses eléctricos.** Para obtener el costo total anual por este concepto, se consideró que los gastos por mantenimiento y refacciones ascienden aproximadamente al 1% del precio de adquisición del vehículo. Esta estimación se basa en el reducido mantenimiento que requiere un vehículo eléctrico con respecto a otro de combustión interna, como lo han señalado tanto los fabricantes de los mismos como los usuarios.
- ✓ **Llantas.** Debido al uso de los minibuses (56, 160 km/año) se determinó un cambio de llantas cada seis meses. De acuerdo a los establecimientos dedicados a la venta de los neumáticos, se calculó un precio promedio unitario de \$ 750.
- ✓ **Mantenimiento de la subestación eléctrica.** Con base en las especificaciones de los fabricantes, se determinó un costo de mantenimiento anual del 2% del precio de adquisición de la subestación eléctrica.

- ✓ **Energía eléctrica.** El costo del consumo de la energía eléctrica se calculará con base en lo establecido en el análisis de consumo de energía-pasajeros-costo (inciso 3.4.2.).
- ✓ **Choferos.** Para la operación de los minibuses se planearon 2 turnos (matutino y vespertino) de 8 horas cada uno, siendo así necesarios 2 choféres por unidad. Ésto hace un total de 30 conductores con una retribución total de \$ 2, 800 mensuales.
- ✓ **Personal administrativo.** El personal administrativo constará de una persona que lleve el control de los horarios de salida y entrada de los minibuses, y un asistente que cubra el segundo turno, ambos con un sueldo de \$ 2, 250 mensuales.
- ✓ **Personal de mantenimiento.** El personal de mantenimiento estará integrado por 6 maniobristas y cargadores distribuidos en los dos turnos, para hacer los cambios de los bancos de baterías en los minibuses, conectarlos a los cargadores y dar servicios generales de mantenimiento a los vehículos. Cada uno tendrá un sueldo mensual promedio de \$ 1, 400.
- ✓ **Depreciación.** La depreciación de los minibuses eléctricos y los montacargas será del 20% anual, mientras que para construcción e instalaciones ascenderá al 10% anual.
- ✓ **Otros costos.** En este rubro se incluyen todos aquellos costos diarios no considerados anteriormente, como son teléfono, alumbrado, papelería, etc., y se calcularon como un 8% de la suma de todos los costos de operación arriba mencionados.

#### **4.4. Ingresos.**

- ✓ **Pasajes.** Los ingresos por concepto de pasajes se calcularán con base en el análisis realizado en el inciso 3.4.2. (53 pasajeros por hora/minibus). Por otro lado, la tarifa promedio es de \$ 1.5 por pasajero/viaje (tarifa máxima + tarifa mínima, dividido entre 2).
- ✓ **Publicidad.** En la actualidad, es común ver todo tipo de propaganda tanto en el exterior como en el interior de los minibuses, ya que ésto resulta ser un medio publicitario adecuado para productos o servicios de uso general, como productos alimenticios, propaganda electoral, servicios bancarios, etc. Este tipo de publicidad recibe el nombre de "Out-of-home". Además, por la tecnología ecológica que utiliza el minibus eléctrico, es ideal para la publicidad de otros productos ecológicos como aerosoles que no dañan la capa de ozono. Así, se calcula que los ingresos por éste concepto ascenderán a \$ 15, 000 anuales por minibus, de acuerdo con la compañía Axis Publicidad.

#### 4.5. Flujo de efectivo.

El flujo neto de efectivo es la diferencia entre los ingresos y los egresos antes de impuestos. Con el propósito de determinar la rentabilidad del proyecto de inversión, se diseñó un formato en el que se incluyen todos los costos de operación y los ingresos definidos anteriormente, obteniendo a través de éstos la tasa interna de retorno (TIR). Para esto, se definió lo siguiente:

✓ Un porcentaje de los costos originados por concepto de la inversión inicial se sufragarán a través de un financiamiento externo, adicionando con éste un costo financiero. A este respecto, se contemplan líneas de financiamiento de un banco de fomento como podría ser BANOBRAS o NAFIN. Así, para compra de maquinaria y/o equipo se tiene en promedio un interés anual equivalente al CPP en UDI's (costo porcentual promedio en unidades de inversión) + 4 puntos. Para el mes de junio de 1996, se tiene un CPP en UDI's del 8.9 %, por lo que el interés ascendería a 12.9% anual. Los créditos a financiar comprenden la inversión inicial. Este crédito será liquidado en 5 años, con un año de gracia, lo que significa que en el primer año de operaciones sólo se pagarán los intereses correspondientes al mismo.

✓ El porcentaje de financiamiento más adecuado para la inversión inicial se determinará con base en el comportamiento de la TIR. El formato para calcular la TIR se desarrollará en un hoja de cálculo, por lo que podrá variarse el porcentaje de financiamiento con el propósito de encontrar de acuerdo a este la tasa más alta.

✓ Como el costo de capital (descuentando inflación) aplicado para este caso es 11.1% (CPP en UDI's para junio de 1996 + 4 puntos), se esperará en TIR de 4 meses 12%.

✓ Para el estado de resultados se tomarán ingresos del 100% antes de impuestos y una utilidad de dividendos del 8% de la ganancia.

Una vez terminado el análisis se procederá a hacer el flujo de efectivo y los estados de resultados para 5 escenarios distintos. Con esto se presentará una idea preliminar preliminar de financiamiento e inversión para determinar cómo afectan algunas de las variables más importantes del proyecto a la rentabilidad de la inversión. Los datos se mostrarán en los números escogidos para ilustrar con un ejemplo grado de financiamiento que depende de 4% para poder compararlos entre sí con los mismos escenarios de flujo de efectivo y de resultados para los escenarios.

#### **4.5. Flujo de efectivo.**

El flujo neto de efectivo es la diferencia entre los ingresos y los egresos antes de impuestos. Con el propósito de determinar la rentabilidad del proyecto de inversión, se diseñó un formato en el que se incluyen todos los costos de operación y los ingresos definidos anteriormente, obteniendo a través de éstos la tasa interna de retorno (TIR). Para esto, se definió lo siguiente:

✓ Un porcentaje de los costos originados por concepto de la inversión inicial se sufragarán a través de un financiamiento externo, adicionando con esto un costo financiero. A este respecto, se contemplan líneas de financiamiento de un banco de fomento como podría ser BANOBRAS o NAFIN. Así, para compra de maquinaria y/o equipo se tiene en promedio un interés anual equivalente al CPP en UDI's (costo porcentual promedio en unidades de inversión) + 4 puntos. Para el mes de junio de 1996, se tiene un CPP en UDI's del 8.9 %, por lo que el interés ascendería a 12.9% anual. Los costos a financiar comprenden la inversión inicial. Este crédito será liquidado en 5 años, con un año de gracia, lo que significa que en el primer año de operaciones sólo se pagarán los intereses correspondientes al mismo.

✓ El porcentaje de financiamiento más adecuado para la inversión inicial se determinará con base en el comportamiento de la TIR. El formato para encontrar la TIR se desarrollará en un hoja de cálculo, por lo que podrá variarse el porcentaje de financiamiento con el propósito de encontrar de acuerdo a éste la tasa más alta.

✓ Como el costo de capital (descontando inflación) asciende para este caso al 12.9% (CPP en UDI's para julio de 1996 + 4 puntos), se esperará un TIR de al menos 13%.

✓ Para el estado de resultados se tomarán impuestos del 35% sobre el superávit y una política de dividendos del 8% de la ganancia.

Una vez definido lo anterior, se procederá a hacer el cálculo de la TIR y del estado de resultados para 3 escenarios distintos. Con esto, se pretende analizar diferentes condiciones de financiamiento e inversión para determinar como afectan algunas de las variables más importantes del proyecto a la recuperación de la inversión. Los flujos de efectivo de los 2 primeros escenarios serán mostrados con un mismo grado de financiamiento, por ejemplo el 40%, para poder compararlos entre sí bajo los mismos términos de crédito. Así, los escenarios serán los siguientes:

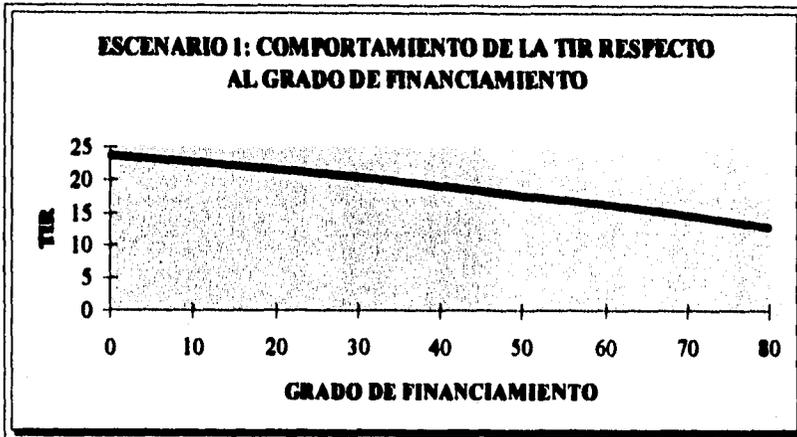
**Escenario 1.** En este primer escenario, todos los costos originados por concepto de la inversión inicial, exceptuando lo referente al costo del terreno y la obra civil, se sufragarán a través de un crédito. En lo que concierne a los rubros excluidos de dicho crédito (terreno y obra civil), se contemplará una concesión. Para poder observar el comportamiento de la TIR, se tomará ésta como variable dependiente del porcentaje de financiamiento, variando el último en intervalos de 10 puntos porcentuales. El costo de cada minibus será de \$ 375,000.

**Escenario 2.** Para este escenario, se obtendrá la TIR de acuerdo a un análisis de sensibilidad respecto al costo de cada minibus eléctrico, bajo las características descritas en el escenario anterior. Así, se disminuirá el costo unitario del vehículo en un 20% para observar como afecta esto al retorno de la inversión.

**Escenario 3.** Finalmente, se realizará un análisis para todo el proyecto de inversión, es decir, contemplando dentro de la inversión inicial tanto el terreno como la obra civil bajo las condiciones descritas en el escenario 1.

El anexo 6 muestra los flujos de efectivo, tablas de crédito y estados de resultados para los escenarios descritos anteriormente. Los escenarios 1 y 2 aparecen con un financiamiento del 40%, mientras que el escenario 3 se muestra sin financiamiento.

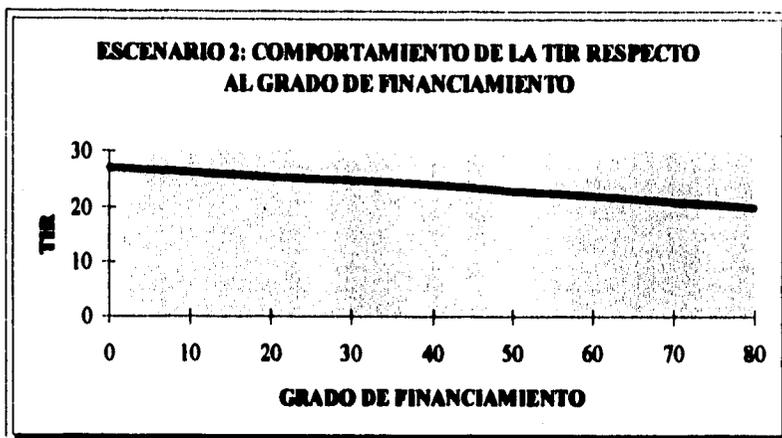
#### 4.6. Resultados de la evaluación económica y financiera.



En el escenario 1, es posible observar que la TIR es inversamente proporcional al porcentaje de financiamiento. De esta manera, con un menor financiamiento se obtiene una TIR más alta, llegando ésta hasta el 23.6% si la inversión inicial se sufraga en su totalidad por capital propio. Por otro lado, si se aplica un financiamiento del 80%, la TIR baja considerablemente (hasta 12.8%). Así, de la gráfica se puede concluir que tomando en cuenta que se desea una TIR mayor al 13%, el financiamiento máximo posible es de aproximadamente el 70%. También este grado de financiamiento es el máximo que permite el proyecto para no tener flujos de efectivo negativos en alguno de los periodos.

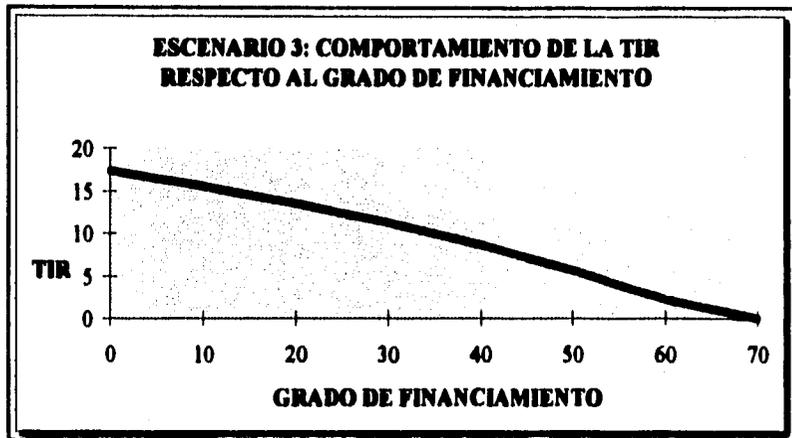
Del análisis realizado para este escenario, con un financiamiento del 40%, se obtuvo una TIR del 19.3%, con todos los flujos de efectivo positivos a lo largo de los 10 años. Esto implica que la inversión inicial se recuperará en poco más de 5 años, y que en términos generales se tiene una empresa sana durante el transcurso de los 10 años, como lo muestra el estado de resultados. Por otro lado, la aportación de capital propio necesaria para realizar la inversión inicial asciende aproximadamente a \$ 4, 100, 000.

### ESCENARIO 2: COMPORTAMIENTO DE LA TIR RESPECTO AL GRADO DE FINANCIAMIENTO



De acuerdo a lo establecido para el escenario 2, en donde se determinó que se disminuiría el costo de adquisición de cada minibus a \$ 300,000, se tiene que la TIR también es inversamente proporcional al porcentaje de financiamiento. Sin embargo, en este caso el proyecto resulta más factible, ya que aún teniendo un alto porcentaje de financiamiento (80%) se obtiene una TIR arriba del 13%. Esto significa que en la gráfica para el escenario 2 la pendiente es notablemente menor respecto a la correspondiente para el escenario 1. Así, la TIR más alta (que corresponde a un financiamiento cero) es del 26.9%. De esta manera, de este escenario es posible concluir que el proyecto tiene un alto grado de sensibilidad en relación a la inversión inicial, y especialmente al costo unitario del minibus eléctrico, ya que de éste dependen además otros costos (mantenimiento, refacciones, y depreciación).

Con un financiamiento del 40%, este escenario presenta una TIR del 23.9%, con una aportación de capital propio para la inversión inicial evidentemente menor al escenario 1, que asciende a casi \$ 3, 430, 000. Además, es posible observar en el estado de resultados que bajo las mismas condiciones en cuanto a impuestos y dividendos, la utilidad neta acumulada al final de los 10 años es mayor que la del escenario 1, siendo también ésta consecuencia de la reducción en el costo del minibus eléctrico.



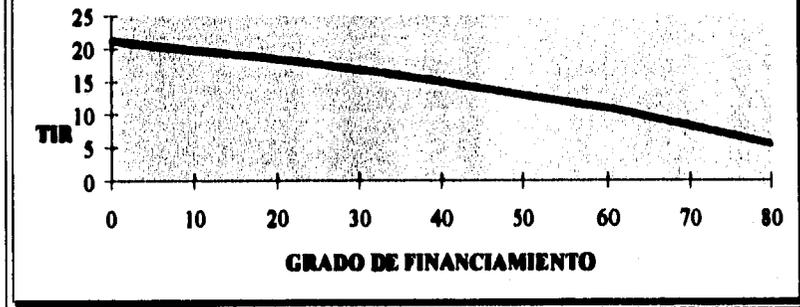
Para el escenario 3, en el que se deben incluir los costos por concepto de terreno y obra civil como parte de la inversión inicial, además de considerar el costo de minibus eléctrico de \$ 375, 000, el comportamiento de la TIR sigue siendo inversamente proporcional al financiamiento, pero con la diferencia de que la máxima TIR posible asciende al 17.4%, al tener un crédito de cero. Por otra parte, al incrementar el crédito hasta un 70% de la inversión inicial se obtiene una TIR casi con valor cero, además de flujos de efectivo negativos en los periodos en que se realizan los pagos del crédito y del costo financiero. Lo anterior resulta lógico si se observa que, en la hoja de flujo de efectivo para el escenario 3, los costos por concepto de inversión inicial se incrementan en \$ 2, 455, 500, debido a la inclusión del terreno y de la obra civil.

El flujo de efectivo que se presentó en el inciso anterior para el escenario 3 presenta un financiamiento cero para la inversión inicial. Se decidió presentar este flujo debido a que es con el que se obtiene la TIR más alta. La TIR es mayor al 13% con un máximo del 20% de financiamiento, como puede observarse en la gráfica.

Con este escenario, y sin financiamiento, se obtiene una utilidad neta acumulada mayor que cualquiera de los dos escenarios anteriores al final del año 10. Esto significa que el proyecto sería rentable bajo estas condiciones.

Ahora bien, si para este mismo escenario se realiza un análisis de sensibilidad respecto al costo de cada minibus eléctrico, de la misma forma en que se realizó para el escenario 2 (disminuyendo dicho costo un 20%), se obtendría una TIR más alta. Así, teniendo un grado de financiamiento cero se obtiene una TIR del 21.2%. A continuación, se muestra la gráfica para el análisis de sensibilidad respecto al escenario 3, al cual se le llamará escenario 3A.

**ESCENARIO 3A: COMPORTAMIENTO DE LA TIR  
RESPECTO AL GRADO DE FINANCIAMIENTO**



De acuerdo con esta gráfica, y comparándola con la gráfica correspondiente al escenario 3, se confirma que para el presente estudio el costo del minibus eléctrico es uno de los factores de mayor importancia para la recuperación de la inversión inicial, y en general para el desarrollo de la empresa durante los 10 años de operaciones.

# **CAPITULO 5**

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. El mercado para el vehículo eléctrico.**

En el Capítulo 2 se establecieron las principales características de los mercados con mayor oportunidad para el vehículo eléctrico. Posteriormente, se determinó que el mercado con mayores posibilidades para la introducción de este medio de transporte alternativo (esencialmente por el control sobre el recorrido) es el de transporte público, y fue con base en éste que se realizaron el diseño de la infraestructura y la evaluación económica. Sin embargo, es importante señalar que dicho mercado, aunque es el más viable, no es la única opción, como lo han demostrado empresas del sector industrial y de servicios que los utilizan para distribución y carga principalmente.

Diversos aspectos señalados en el trabajo hacen pensar que el vehículo eléctrico representa una verdadera alternativa para el transporte en las zonas urbanas y, en particular, en el AMCM. Tales aspectos son los siguientes:

- ✓ la contaminación atmosférica en el AMCM es cada vez más preocupante, por lo que la introducción de vehículos eléctricos resulta más viable en la actualidad debido a su característica de vehículos cero-emisión
- ✓ la eficiencia del motor eléctrico es mayor al ser comparado con el de combustión interna, redundando en un mejor aprovechamiento de la energía, de acuerdo con estudios realizados al respecto (CARB)
- ✓ los vehículos eléctricos no producen ruido en comparación con sus similares de combustión interna, otro importante factor de contaminación en las grandes ciudades
- ✓ al utilizar como combustible la energía eléctrica, el mantenimiento es menor; no hay ajustes al carburador (afinaciones), cambios de aceite, o fugas en el radiador. Un auto eléctrico no tiene mofle, válvulas, filtros de aire, filtros de gasolina, mangueras, pistones, radiador ni condensador, y no necesita un convertidor catalítico
- ✓ el vehículo eléctrico puede ser muy flexible, adaptándose a diversos usos (transporte público, distribución, etc.)

- ✓ el DDF tiene planeado ofrecer incentivos fiscales a aquellas personas morales que utilicen vehículos de baja emisión de contaminantes, a través de la condonación de impuestos, aunque no se han definido todavía.

Aquí es importante mencionar que, como pudo constatarse en las entrevistas a empresas, actualmente no existe ningún vehículo eléctrico presentado en México capaz de satisfacer todas las especificaciones requeridas por el sector industrial que utiliza autos utilitarios, principalmente en lo que se refiere a costo de adquisición, volumen y capacidad de carga, por lo que no se ha contemplado aún tener una flotilla entera de este medio de transporte. El minibús eléctrico II-UNAM podría representar una alternativa viable para solucionar este problema, una vez que sea totalmente desarrollado y pueda presentar oportunidades tanto de fabricación como de comercialización en México.

La aceptación del vehículo eléctrico como medio de transporte eficaz ante los ojos de los usuarios potenciales sólo podrá lograrse mediante una mayor difusión de sus características, lo cual constituye uno de los propósitos del presente trabajo. Es importante mencionar que este tipo de vehículo está siendo probado y estudiado por diversas instituciones académicas, de investigación y grupos empresariales en México, favoreciendo así la posibilidad de su desarrollo en nuestro país.

## **5.2. Aspectos técnicos**

En el Capítulo 3 se abordaron los aspectos técnicos de infraestructura para una estación de minibuses eléctricos, con capacidad suficiente para albergar a 15 unidades.

La infraestructura necesaria para poder operar una estación de vehículos eléctricos no constituye un obstáculo para la realización de un proyecto con este tipo. Por otro lado, en lo concerniente al mantenimiento de las instalaciones, tampoco se tienen mayores complicaciones, ya que los equipos usados (específicamente la subestación eléctrica) son ampliamente utilizados dentro de los sectores industrial y de servicios y en consecuencia se tiene experiencia en su uso.

De esta manera, en lo que se refiere a aspectos técnicos y de infraestructura, el punto más sensible corresponde al tiempo de recarga de las baterías. Como se ha mencionado a lo largo del presente trabajo de tesis, el tiempo promedio de recarga para baterías plomo-ácido asciende a 8 horas, teniendo una fuente de alimentación de 127 V. Por ello, es necesario buscar nuevas tecnologías que permitan mejorar este aspecto, ya sea con la misma batería plomo-ácido o bien con baterías compuestas por otro tipo de materiales. Sin embargo, mientras no se tenga una batería con mayor autonomía y menor tiempo de recarga que

ofrezca posibilidades de ser comercializada a una escala adecuada para satisfacer su demanda, la batería plomo-ácido seguirá siendo la opción más viable para este propósito. La principal razón de ésto, es que ya se cuenta con su producción a nivel masivo en nuestro país para los vehículos con motor de combustión interna, lo que permite pensar en la realización de un proyecto de inversión para vehículos eléctricos como el aquí presentado.

De esta manera, se puede concluir que el vehículo eléctrico presenta características técnicas y de infraestructura que hacen factible un proyecto de inversión para su introducción en el AMCM. Además, es importante notar que este medio alternativo de transporte presenta en la actualidad un gran auge no sólo en México, sino a nivel mundial. Con ello, tanto el vehículo eléctrico en sí como la infraestructura necesaria para su mantenimiento están siendo objeto de estudio por los sectores público y privado, lo cual hace esperar que en un mediano plazo habrá mejoras importantes en estos aspectos.

### **5.3. Evaluación económica y financiera.**

En el capítulo anterior, referente a la evaluación económica y financiera, fue posible observar que un proyecto de inversión para la creación de una terminal de minibuses eléctricos resulta factible bajo ciertas condiciones, como las establecidas en el presente capítulo, ya que, aún considerando todos los costos en que se incurriría para la inversión inicial, es posible obtener una TIR arriba del 13%. Sin embargo, es necesario hacer hincapié en que la decisión más adecuada para el proyecto dependerá de varios factores tanto internos como externos, tales como la aportación inicial de capital, el costo real del minibus eléctrico, el tipo de inversionista (público o privado) y la situación económica en el momento de la inversión, entre otros.

Para propósitos del estudio aquí presentado, se concluye que los escenarios 1 y 2 serían los más apropiados para un inversionista del sector privado, ya que se obtiene una TIR más alta, y además con un buen grado de financiamiento. Por otro lado, el escenario 3 no resulta muy atractivo para un inversionista del sector privado, debido a que la TIR es menor y a que además implica una mayor aportación de capital propio para la inversión inicial. Por esta razón, este último escenario se plantea como una alternativa de inversión para el Estado, ya que por un lado éste es capaz de realizar dicha inversión y por otro el transporte urbano constituye una función pública.

Aquí, es necesario recordar que la evaluación económica y financiera para el presente trabajo se realizó a precios constantes, con lo cual se supone que los ingresos y los egresos aumentan de manera directamente proporcional. Sin embargo, el precio por pasajero/viaje, que actualmente se encuentra en \$ 1.5 en promedio, generalmente no tiene incrementos a la

par de la inflación, precisamente porque este servicio representa una función pública. De esta manera, lo que sucede con los incrementos en este concepto es que se detiene el precio (aún teniendo inflación), y después de un periodo de tiempo determinado, se permite el aumento compensando los efectos del indicador macroeconómico hasta ese momento. Esto significa que en algunos periodos los aumentos en los ingresos por este concepto serán menores al incremento en los egresos, sucediendo después lo contrario y equilibrando con ésto la diferencia entre unos y otros. Por lo anterior, es importante cuidar que el precio por pasajero/viaje no se desfase respecto a la inflación, lo cual podría lograrse a través de un incentivo por parte del Estado.

#### **5.4. Aspectos estratégicos.**

Tras lo anteriormente expuesto, se puede afirmar que resulta factible la utilización del vehículo eléctrico, tanto en lo que se refiere al mercado y aspectos técnicos como en la rentabilidad del proyecto de inversión. Sin embargo, además de lo anterior, es necesario establecer una estrategia para lograr una introducción exitosa de los vehículos eléctricos en el mercado.

En el caso particular del presente trabajo de tesis, el mercado de interés está constituido por el transporte público, el cual se pretende satisfacer a través de minibuses eléctricos con las características del II-UNAM. Como es bien sabido, en la actualidad todas las rutas y sus ramales cuentan con un buen número de minibuses, lo que permite realizar la sustitución de unidades en cualquiera de ellas. Así, lo que en este inciso se recomienda como estrategia para la introducción de vehículos eléctricos en el transporte público, es iniciar con una ruta de características similares a las establecidas en el Capítulo 3, en lo que respecta a distancia y flujo de pasajeros (15 km y 9, 600 personas diarias). A través de ello sería posible, por un lado, probar el funcionamiento de los vehículos y los equipos dispuestos en la terminal para detectar áreas de oportunidad, y por otro, promover su uso. Así, se pretende que tras haber tenido una experiencia real en su uso, la utilización del vehículo eléctrico pueda ser extrapolada a otras rutas y a otros mercados.

Otro aspecto de importancia que se derivaría del éxito en la introducción de vehículos eléctricos en el AMCM sería el tecnológico. Dicha introducción, no solo permitiría un transporte no contaminante rentable, sino que además generaría tecnología utilizable en otras ciudades, especialmente si su desarrollo se da en nuestro país. Es por esto que resulta de gran importancia que se estén llevando a cabo en la actualidad proyectos de desarrollo y pruebas de laboratorio y de campo con estos vehículos en México, ya que ello aumenta la probabilidad de que dicha tecnología tenga una mayor difusión a nivel nacional.

Ahora bien, como ya se ha mencionado, al usar un vehículo eléctrico se está contribuyendo de manera particular a la disminución de contaminantes a la atmósfera. Además, en el caso particular del AMCM, al contar con un vehículo de este tipo se está fuera del programa "Hoy no circula", pudiendo utilizar el medio de transporte todos los días y evitando las verificaciones vehiculares. Este es otro punto importante para lograr que el vehículo eléctrico se sitúe con un buen posicionamiento en el mercado.

En lo que respecta a las baterías, algunas de las empresas que en la actualidad utilizan vehículos eléctricos para la distribución de sus productos, cuentan con un programa de reciclaje de éstas al final de su vida útil, el cual es realizado mediante la misma compañía que provee dichas unidades. Este es un factor trascendente, ya que cada vehículo utiliza una cantidad considerable de baterías. De esta manera, otro aspecto estratégico de interés puede ser el ofrecer este tipo de servicio a los clientes, con lo cual se logra conservar la imagen ecológica del minibus eléctrico, además de proporcionar un servicio adicional a los compradores. Para ello, sería necesario contactar a los fabricantes de baterías, con el propósito de averiguar los requerimientos para el reciclaje.

Finalmente, cabe mencionar que aunque no utiliza una tecnología nueva, el vehículo eléctrico apenas comienza a ser visto como un medio para reducir los índices de contaminación a nivel mundial, y por tanto desde su aparición a principios del siglo XX no había sido objeto de mejoras como lo es ahora, siendo esto una de las razones por las que sigue presentando altos costos de fabricación, y por lo que aún no se produce a nivel masivo. Sin embargo, es probable que el vehículo eléctrico, en un futuro no muy lejano, se sitúe como un medio de transporte común en las grandes ciudades.

# 6 ANEXOS

## **ANEXO I. RESÚMEN DE LOS TIPOS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.**

<i>Vehículo</i>	<i>Compañía que lo desarrolla</i>	<i>Tipo</i>	<i>Estado</i>	<i>Tipo de batería</i>	<i>Autonomía (km)</i>	<i>Velocidad (km/h)</i>	<i>Comentarios</i>
<b>BMW E1/E2</b>	BMW (Alemania)	Auto para 4 pasajeros	No hay planes de producción masiva	Sodio/Azufre	240	120 (E1)	El E1 usa un motor de 32 kW
<b>Ecomar</b>	Ford (E.U.)	Minivan	100 producidos para prueba	Sodio/Azufre	160	120	Usa un motor de inducción ac trifásico de 56 kW
<b>Fiat Panda Elettra</b>	Fiat Spa (Italia)	Auto para pasajeros	Producción planeada de 500	Plomo/Ácido Níquel/ Cadmio	80 104 (en ciudad)	113	Usa un motor serie dc de 9.2 kW
<b>GM Impact</b>	GM (E.U.)	Auto deportivo para 2 personas	Producción masiva para 1995	Plomo/Ácido	190 (a 90 km/h)	120	Usa dos motores de inducción ac de 43 kW
<b>G-Van</b>	EPRI, GM (E.U.)	Van para carga o pasajeros	100 en servicio como vehículos utilitarios	Plomo/Ácido	96 (en ciudad)	83	Usa un motor de dc de 45 kW; auto convencional convertido a eléctrico
<b>LA 301</b>	CAT (Suecia)	Auto híbrido para 2 pasajeros	Producción masiva para 1995	Plomo/Ácido Sodio/Azufre	96 154	97	Versión híbrida capaz de alcanzar una autonomía de 240 Km con un mecanismo auxiliar
<b>PROE1'</b>	Mercedes Benz (Alemania)	Auto para 5 pasajeros, de 4 puertas	Prototipo	Sodio/Cloruro de Níquel	150	120	Usa dos motores de con rotor externo
<b>Nissan FEV'</b>	Nissan (Japón)	Auto para pasajeros	No hay planes de producción masiva	Níquel/Cd	160 (a 72 km/h)	120	Se recarga al 40% en 6 s; tiene celdas solares en el techo
<b>Renault Zoé</b>	Renault (Francia)	Auto para 2 pasajeros	En desarrollo	Níquel/ Cadmio	150	120	Reducción de la distancia entre ejes para facilitar el estacionamiento
<b>Tapco Ica</b>	Tokio E.P. (Japón)	Auto para 4 pasajeros	Prototipo	Níquel/ Cadmio	550 (a 40 km/h)	176	Usa un motor de sin escobillas de 25 kW en cada eje
<b>TEVan</b>	EPRI, Chrysler (E.U.)	Minivan para pasajeros o carga	50 producidos	Níquel/Hierro	180	105	Usa un motor de dc de 46 kW

Fuentes: IEEE Spectrum, noviembre de 1992; Electric Vehicles ready for a better tomorrow, Folleto gubernamental, Drive Electric, 1993; International Business West, mayo de 1994; Folleto del Ministerio Eléctrico IIE-USAM, 1992; Folleto del Electricist, Taylor-Dunn.

Vehículo	Compañía que lo desarrolló	Tipo	Situación	Tipo de batería	Autonomía (km)	Velocidad max. (km/h)	Comentarios
<i>Electruck</i>	Taylor Dunn (E.U.)	Vehículo utilitario	En producción	Plomo/Ácido	80	50	Tiene una capacidad de carga de 682 kg, usa un motor serie de 28 hp
<i>Mimibus Eléctrico</i>	II, UNAM	Mimibus para transporte público	Construcción del prototipo	Plomo/Ácido	70	60	Tiene sistema de frenos regenerativos; tiene un peso total de 4350 kg
<i>VW CityStromer</i>	Volkswagen (Alemania)	Auto para pasajeros	70 vehículos con batería ácido-plomo fabricados y vendidos	Plomo/Ácido Sodio/Azufre	140 120	104	Basado en la producción del automóvil Jetta
<i>Kewat</i>	Drive Electric	Auto para dos pasajeros	Producidos y en venta	Plomo/Ácido	72	72	Disco de frenos en las 4 llantas
<i>Electron</i>	Drive Electric	Pick-up	En venta	Plomo/Ácido	100	104	Vehículo híbrido, convertido de gas
<i>Salsotria</i>	Drive Electric	Auto para dos pasajeros	En venta	Plomo/Ácido	112	112	Motor AC, frenos regenerativos
<i>SL-E</i>	MAN (Alemania)	Autobus para pasajeros	En venta	Plomo/Ácido	80	48	Capacidad para 110 pasajeros
<i>B-Electric Shuttle</i>	Bus Manufacturing USA	Autobus para pasajeros	En servicio	Plomo/Ácido	96 (en ciudad)	64	Capacidad para 28 pasajeros
<i>LT-02 Shuttle</i>	U.S. Electricar	Autobus para pasajeros	En servicio	Plomo/Ácido	112	56	Capacidad para 22 pasajeros
<i>Light Transit Shuttle</i>	Nordskog Industries	Autobus para pasajeros	Prototipo de prueba en servicio	Plomo/Ácido	88	56	Capacidad para 15 personas
<i>B/A/E</i>	Pacific Gas & Electric	Autobus para pasajeros	Prototipo de prueba en servicio	Plomo/Ácido	130	56	Capacidad para 22 pasajeros
<i>SEV (Showcase Elec. Vehicle)</i>	CALSTART	Auto de pasajeros	Prototipo de prueba	Plomo/Ácido	192	128	Tiene carrocería de aluminio para disminuir el peso

Fuentes: IITE Symposium, noviembre de 1992; *Electric Vehicle study for a better tomorrow*, Folleto promocional, Drive Electric, 1993; *International Business Week*, mayo de 1994; *Folleto del Mimibus Eléctrico II-UNAM*, 1992; *Folleto del Electruck*, Taylor-Dunn.

# **ANEXO 2. CUESTIONARIO A EMPRESAS SOBRE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.**

Fecha \_\_\_\_\_

## **I. DATOS GENERALES.**

<b>EMPRESA:</b> Nombre _____ Dirección _____ Antigüedad _____ Sector Industrial _____
--

<b>ENTREVISTADO:</b> Nombre _____ Puesto _____ Antigüedad _____
---

## **II. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA FLOTILLA ACTUAL DE VEHÍCULOS.**

1. ¿Cuántos vehículos posee la empresa?

\_\_\_\_\_

2. ¿Con cuántos tipos diferentes de vehículos se cuenta y cuales son?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. ¿Cuál es el periodo de renovación para cada tipo de vehículo eléctrico?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. ¿Qué necesidad satisface cada tipo de vehículo?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. ¿Cuál es la intensidad de uso de cada tipo de vehículo? (tiempo, horarios de uso).

---

---

---

6. ¿Qué distancia aproximada (en kilómetros) recorre cada tipo de vehículo por día?

---

---

---

### **III. CARACTERÍSTICAS DE LA FLOTILLA PARA CORTA DISTANCIA (MENOS DE 80 km POR DÍA).**

1. ¿Con cuántos vehículos de este tipo cuenta la empresa?

---

---

---

2. ¿Qué servicio proporcionan y cual es su importancia?

---

---

---

3. ¿Cuál es la carga usual (en kg) que lleva cada vehículo?

---

---

---

4. ¿Cuál es su zona de trabajo?

---

---

---

5. ¿Cuántas rutas de trabajo existen por vehículo (en un periodo de tiempo determinado) y cuáles son?

---

---

---

6. ¿Con base en qué se diseñaron las rutas?

---

---

---

7. ¿En qué tiempo promedio realizan su recorrido por día estos vehículos?

---

---

---

8. ¿Qué características tiene el depósito de vehículos (superficie, ubicación, etc.) a partir del cual inician su recorrido?

---

---

---

9. ¿Cuáles son las características de su toma de corriente? (voltaje, kVA's disponibles, número de fases).

---

---

---

#### IV. VISIÓN DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.

1. ¿Qué imagen se tiene en su empresa sobre los vehículos eléctricos?

---

---

---

2. ¿Considera que su uso traería algún beneficio? ¿Por qué?

---

---

---

#### V. PROGRAMAS ECOLÓGICOS.

1. Actualmente la empresa cuenta con algún programa específico:

Ecológico \_\_\_\_\_ De calidad \_\_\_\_\_ De productividad \_\_\_\_\_  
Otros \_\_\_\_\_

2. Si se cuenta con algún programa ecológico, ¿en qué consiste?

---

---

---

3. ¿En la empresa se ha pensado en la sustitución de vehículos a gasolina por vehículos eléctricos o de algún otro tipo?

---

---

4. ¿Cuál es la razón de lo anterior?

---

---

---

5. ¿Se tienen planes a corto, mediano o largo plazo para protección ambiental? ¿cuáles son?

---

---

---

Entrevistó \_\_\_\_\_

\* Anexar tarjeta de presentación del entrevistado.

### ANEXO 3. RUTAS DE TAXIS COLECTIVOS

RUTA	RAMAL	DESCRIPCIÓN	SENTIDO 1	SENTIDO 2	TOTAL	EDAD PROMEDIO DE		
						LA FLOTA (años)	REPARADA SIEMPRE DE PASAJEROS	
			LONGITUD (KM)					
1	12	METRO ERMITA-IZTAPALAPA	8.38	5.94	14.32		9	13,499
1	13	METRO UNIVERSIDAD-VILLA PANAMERICANA	3.5	5	8.5		8	7,846
1	17	SAN ANGEL-METRO TAXQUEÑA	5.94	5.85	11.79		1	13,639
1	20	METRO TAXQUEÑA-TLALPAN-SSSTE	8.88	5.6	14.48		6	8,450
1	21	IZTAPALAPA-VICENTINA	4.98	4.79	9.77		12	8,045
1	55	METRO TAXQUEÑA-FOVISSSTE	7.85	5.1	12.95		7	15,389
1	60	LA RAZA-POLITÉCNICO	5.88	5.95	11.83		5	30,103
1	61	CECILIO ROBELO-NEZAHUALCOYOTL	4.11	4.16	8.27		10.3	2,318
1	81	METRO TAXQUEÑA-VILLA ALVARO OBREGÓN	5.64	5.78	11.42		1.96	4,460
1	84	PROGRESO NAC.-LA RAZA	7.46	6.92	14.38		11	9,727
1	87	METRO ZARAGOZA-C.C.H.	5.47	5.41	10.88		10	5,433
1	110	METRO UNIVERSIDAD-VILLA PANAMERICANA	3.25	6.21	9.46		6.29	5,692
2	3	KM 13-PALMAS	6.05	6.03	12.08		1.93	30,465
2	4	METRO ZAPATA-U. PLATEROS	5.84	5.94	11.78		5	10,874
2	9	METRO ZAPATA-U. PLATEROS	5.18	5.11	10.29		4.28	2,880
2	12	AUDITORIO-AV. JUÁREZ	6.8	5.9	12.7		2.87	5,069
2	15	METRO INDIOS VERDES-U. CTM	4.26	4.19	8.45		6	8,821
2	16	METRO CHAPULTEPEC-PALMAS	6.72	7.9	14.62		1.54	10,703
2	17	METRO CHAPULTEPEC-U. PLATEROS	5.81	3.03	8.84		1.34	11,650
2	19	METRO SEVILLA-MAZARYK	4.54	4.55	9.09		9	6,405
2	20	CHAPULTEPEC-JUEGOS MECÁNICOS	3.58	5.28	8.86		1	6,364
2	21	METRO SEVILLA-GIGANTE EJÉRCITO	3.98	4.67	8.65		8.25	5,458
2	22	METRO SN. COSME-PROHOGAR	6.24	5.65	11.89		3.2	19,865
2	27	CHAPULTEPEC-NEZAHUALCOYOTL	3.97	6.4	10.37		1	1,257
2	36	GIGANTE CUTTLAHUAC-SN COSME	6.68	6.04	12.72		10	8,395
2	37	METRO MXCOAC- MUNICIPIO LIBRE	5.73	6.41	12.14		4.3	4,889
2	38	METRO ERMITA-MIXCOAC	7.56	5.63	13.19		6	20,374

Fuente: Coordinación General de Transporte del BDF, 1991.

### ANEXO 3. RUTAS DE TAXIS COLECTIVOS

RUTA	RAMAL	DESCRIPCIÓN	SENTIDO 1	SENTIDO 2	TOTAL	EDAD PROMEDIO DE LA FLOTA (años)		DEMANDA MEDIA DE PASAJEROS
						LONGITUD (KM)	DE PASAJEROS	
2	44	PORTÓN-LA RAZA	3.48	4.21	7.69		9	4,017
2	48	M. BARRANCA-LAS AGUILAS	1.14	1.13	2.27		2	5,776
2	52	M. CHAPULTEPEC-HORACIO	5.17	5.39	10.56		7	11,754
3	9	METRO MOCTEZUMA-METRO ARAGÓN	4.6	4	8.6		7.89	3,138
3	10	M. MOCTEZUMA-BOSQUES DE ARAGÓN	7.66	7.27	14.93		4.2	20,052
3	15	METRO OCEANIA-AV. 604	4.52	4.62	9.14		7	3,817
3	16	METRO OCEANIA-CUCHILLA	7.15	7.84	14.99		7	28,097
3	26	CAIRO-METRO AEROPUERTO	7.12	7.52	14.64		7	13,815
3	29	METRO MOCTEZUMA-PENÓN DE LOS BAÑOS	5.75	4.9	10.65		10	6,822
3	30	METRO BALBUENA-TERMINAL AÉREA	3	2.8	5.8		10	1,842
3	31	MABE BALBUENA-METRO BALBUENA	2.1	3.1	5.2		10	4,719
3	54	METRO NORMAL-SN A. AZCAPOZALCO	4.6	6.41	11.01		10	7,401
3	55	METRO NORMAL-SANTA BARBARA	7.25	7.75	15		9	17,024
3	63	CAIRO-METRO MOCTEZUMA	3.04	4.04	7.08		3.74	2,935
3	71	OROZCO Y BERRA-M. MOCTEZUMA	4.96	8.15	13.11		5.86	3,344
4	10	CUAJIMALPA-SAN FERNANDO	4.02	4.12	8.14		2.6	1,593
5	3	METRO OBSERVATORIO-SANTA FE	5.96	5.92	11.88		9	9,245
5	7	UNIDAD BELEM-GIGANTE TACUBAYA	6.37	6.27	12.64		6.1	5,767
6	1	PRADO MINERVA-M. TAXQUEÑA	5.45	5.79	11.24		3	4,481
7	1	ZARAGOZA-C.C.H. ORIENTE	5.14	5.84	10.98		17	9,255
7	4	CENTRAL DE ABASTOS-CALZ. 1. ZARAGOZA	4.16	4.68	8.84		6	4,463
7	5	METRO G. FARIAS-RÍO CHURUBUSCO	3.52	4.5	8.02		17	4,411
7	6	AGRÍCOLA ORIENTAL-CINE SONORA	7.53	9.27	16.8		2.5	2,734
9	3	M. ZARAGOZA-U. EJÉRCITO DE ORIENTE	0	8.64	8.64		8	17,306
9	4	C. DE MUJERES-FLORESTA	4.5	4.84	9.34		10	9,405
9	5	C. DE MUJERES-FLORESTA	3.29	3.22	6.51		3	5,242
9	6	C. DE MUJERES-TEPOZANES	7.62	6.87	14.49		2.67	14,314
9	7	C. DE MUJERES-TEPOZANES	6.14	6.24	12.38		5	27,676
9	8	C. DE MUJERES-TEPOZANES	6.58	6.58	13.16		2	19,306

### ANEXO 3. RUTAS DE TAXIS COLECTIVOS

RUTA	RAMAL	DESCRIPCIÓN	SENTIDO 1	SENTIDO 2	TOTAL	EDAD PROMEDIO DE LA FLOTA (años)	DEMANDA MEDIA DE PASAJEROS
			LONGITUD (KMS)				
9	15	AV. 4-CALLE ENNA	7.82	7.3	15.12	2.33	35,044
9	23	C. DE MUJERES-REFORMA	4.66	4.86	9.52	8	14,647
9	26	M. ZARAGOZA-E. CONSTITUCIONALISTA	6.05	6.15	12.2	6.89	4,079
9	30	M. ZARAGOZA-ROMERO	8.1	6.8	14.9	2.1	6,900
9	34	PANTITLÁN-PIRULES	6.44	6	12.44	1.31	8,618
10	2	M. AEROPUERTO-INFONAVIT	5.4	4.9	10.3	10	6,635
10	3	M. AEROPUERTO-CENTRAL ABASTOS	6.5	7.1	13.6	10	9,919
10	4	M. XOLA-PASEOS DE CHURUBUSCO	6.78	6.28	13.06	10	15,532
11	8	CENTRAL ABASTOS-A. ORIENTAL	5.85	6.6	12.45	5.8	13,841
11	9	A. ORIENTAL-CENTRAL ABASTOS	5.4	4.65	10.05	2	10,127
11	12	IZTAPALAPA-CENTRAL ABASTOS	0	2.8	2.8	9.57	3,002
12	8	CULHUACÁN-M. TASQUEÑA	4	4.06	8.06	12	4,054
12	9	M. TASQUEÑA-PROGRESO DEL SUR	4.2	4.5	8.7	1.83	5,834
12	10	AMP. LOS REYES-G. MODELO	5.39	5.77	11.16	4	3,772
12	12	M. TASQUEÑA-CULHUACAN	5.82	5.4	11.22	7.39	7,651
12	13	M. TASQUEÑA-CARMEN SERDAN	4.92	5.28	10.2	11.59	4,285
12	15	M. TASQUEÑA-SANTA ISABEL	6.1	6.2	12.3	10.59	5,695
12	18	M. TASQUEÑA-PROGRESO DEL SUR	4.3	4.6	8.9	7.1	4,510
12	21	M. TASQUEÑA-APACHE	5	6.6	11.6	12.35	9,259
12	22	M. TASQUEÑA-UNIDAD MODELO	4.4	4.9	9.3	12.58	2,220
13	4	HUIPULCO-ISIDRO FABELA	4.61	6.09	10.7	11.45	6,598
13	5	M. UNIVERSIDAD-HUIPULCO	6.28	5.98	12.26	12.42	7,664
13	8	TILALPAN-CALZADA DEL HUESO	6.28	6.3	12.58	10.97	8,057
14	15	COL. J. LÓPEZ PORTILLO-VERGEL	3.1	3	6.1	11.26	4,872
14	21	CENTRAL ABASTOS-SAN LORENZO	7.2	7.3	14.5	12	12,329
14	22	M. PORTALES-U. HAB. V. GUERRERO	4.99	5.4	10.39	3.78	4,997
14	25	CANAL DE GARAY-COLONIA AGRARISTA	3.12	3.54	6.66	4.5	2,452
15	3	M. OBSERVATORIO-OLIVAR DEL CONDE	5.72	6.36	12.08	3	21,589
15	4	M. MIXCOAC-PRESIDENTES	7.93	6.91	14.84	2.79	6,030

Fuente: Coordinación General de Transporte del DDF, 1991.

### ANEXO 3. RUTAS DE TAXIS COLECTIVOS

RUTA	RAMAL	DESCRIPCIÓN	SENTIDO 1	SENTIDO 2	TOTAL	EDAD PROMEDIO DE		DEMANDA DIARIA
						LA FLOTA (años)	DE PASAJEROS	
			LONGITUD (KM)					
15	8	OLIVAR DEL CONDE-SAN ANGEL	6.28	6.38	12.66		12.1	13,420
16	5	SAN ANGEL-LA VENTA	6.92	7.14	14.06		11	9,121
17	1	TACUBA-M. HIDALGO	6.02	8.94	14.96		10	21,168
17	3	LOMAS DE SOTELO-M. TACUBA	4.7	5.8	10.5		11	15,111
17	5	M. TACUBA-CERVECERÍA MODELO	3.36	2.96	6.32		3.78	1,002
17	8	TACUBA-REMEDIOS	5.34	8.38	13.72		4.43	3,988
17	9	M. TACUBA-PENSIL	3.48	3.65	7.13		14	7,370
17	10	TACUBA, PENSIL-M. TOREO	9.92	4.54	14.46		11	13,517
17	11	TACUBA-LA MARINA	7.48	5.6	13.08		8	10,610
17	12	TACUBA-LEGARIA, LA MARINA	6.25	6.52	12.77		9	8,506
17	15	M. TACUBA-MONUMENTO A LA MADRE	6.07	7.15	13.22		8.87	7,755
18	7	M. INDIOS VERDES-LA PRESA	4.33	3.44	7.77		4	6,151
18	12	M. BASÍLICA-UNIDAD CTM	5.58	6.6	12.18		4	11,014
18	13	M. BASÍLICA-AMP. GABRIEL HERNÁNDEZ	6.52	5.64	12.16		4	12,978
19	8	ZARAGOZA-ARENAL	5.5	5.42	10.92		12	8,338
19	9	ZARAGOZA-CARACOL	2.2	2.31	4.51		10.78	2,535
20	1	XOCHIMILCO-LA TORTUGA	5.15	5.1	10.25		8.56	13,290
20	5	XOCHIMILCO-SECUNDARIA 180	6.25	7.1	13.35		9.36	16,843
20	11	XOCHIMILCO-SAN LUCAS	6.25	8.6	14.85		7.33	26,048
20	12	LA NORIA-RECLUSORIO SUR	7.72	4.62	12.34		10.21	17,249
20	13	MILPA ALTA-SAN LORENZO TLACOYUCAN	2.81	2.74	5.55		7.83	1,811
20	15	MILPA ALTA-SAN PEDRO ACTOPAN	4.88	3.53	8.41		9.2	7,912
20	18	XOCHIMILCO-SAN LORENZO ATEMOAYA	3.97	3.75	7.72		8.22	10,186
20	19	XOCHIMILCO-SANTA CRUZ ACALPXA	5.45	5.4	10.85		6.49	4,911
20	20	MILPA ALTA-SAN JUAN TEPENAHUAC	3.8	3.7	7.5		9.37	5,346
20	21	LA NORIA-SANTIAGO TEPALCATLALPLAN	2.6	2.4	5		8.31	1,514
20	23	XOCHIMILCO-AMP. XOCHITEPEC	4.7	5.63	10.33		6.2	4,770
21	2	MILPA ALTA-SANTA ANA TLACOTENCO	3.63	9.2	12.83		16	9,102
22	1	M. ZARAGOZA-COL. PANTITLÁN	4.4	4.4	8.8		4.7	4,418

Fuente: Coordinación General de Transporte del BDF, 1991.

### ANEXO 3. RUTAS DE TAXIS COLECTIVOS

RUTA	RAMAL	DESCRIPCIÓN	SENTIDO 1	SENTIDO 2	TOTAL	ERAS PROGRESO DE		
						LA FLOTA (veh)	DEMANDA DEBIDA DE PASAJEROS	
			LONGITUD (KM)					
22	4	M. ZARAGOZA-CALLE 5 Y 6	4.66	6.04	10.7		13	4,556
22	6	M. ZARAGOZA-COL. EL SOL	6.02	8.76	14.78		11.28	5,536
22	10	M. PANTITLÁN-EL SOL	6.24	4.46	10.7		3.56	5,371
23	2	M. TACUBA-PROVIDENCIA	7.24	7.48	14.72		5	10,501
23	4	AZCAPOTZALCO-PROVIDENCIA	5.39	4.88	10.27		6	11,805
24	1	M. OBSERVATORIO-COL. DANIEL GARZA	1.67	3.23	4.9		14.14	2,633
24	2	CHAPULTEPEC-CONSTITUYENTES	5.67	6.15	11.82		7.86	4,019
24	3	CINE CARRUSEL-EDO. MAYOR PRESIDENCIAL	6.76	6.74	13.5		10.24	28,478
24	4	CARRUSEL-SANTO DOMINGO	4.19	4.4	8.59		9.71	7,869
25	5	M. VILLA DE CORTÉS-CENTRAL ABASTOS	5.49	5.36	10.85		10	20,752
25	6	M. VILLA DE CORTÉS-ICACOS	4.62	6.98	11.6		13	20,081
25	8	M. NATIVITAS-CUAUHEMOC	7.36	7.64	15		11.74	3,647
25	9	M. VILLA DE CORTÉS-COL. SIFÓN	4.95	5.01	9.96		9	6,973
25	10	M. VILLA DE CORTÉS-U. INFONAVIT	4.66	4.5	9.16		10	12,116
25	12	M. NATIVITAS-COL. ACULCO	5.2	3.73	8.93		7.9	2,667
25	16	M. NATIVITAS-CALLE ARNESES	6.98	7.48	14.46		13	16,584
27	4	M. NATIVITAS-COL. EL TRIUNFO	4.2	3.06	7.26		13	2,877
27	6	CENTRAL ABASTOS-CABALLO DE ZARAGOZA	4.26	4.56	8.82		10.38	4,771
27	7	CENTRAL ABASTOS-M. PANTITLÁN	6.2	6.2	12.4		12	3,346
27	11	M. TACUBAYA-BARRIO NORTE	4.4	4.89	9.29		11.91	6,222
28	3	M. NORMAL-DEFENSA NACIONAL	5.76	7.24	13		14	8,223
28	4	LEGARIA-LA MARINA	4	5.8	9.8		6.47	12,003
28	5	LEGARIA-CAMPO MILITAR P. 8	7.1	4.08	11.18		6.22	25,140
28	7	M. NORMAL-DEFENSA	6.01	7.43	13.44		7.56	3,260
29	2	EJIDO-M. UNIVERSIDAD	6.5	7.98	14.48		9.21	5,593
29	4	CÁLIZ-M. UNIVERSIDAD	8.34	6.44	14.78		5.32	8,595
29	7	TEXTITLÁN-M. UNIVERSIDAD	6.29	8.12	14.41		10.02	5,544
29	12	M. TASQUEÑA-DEPORTIVO DURANGO	4.62	4.65	9.27		10.12	622
32	1	AZTECAS-M. TASQUEÑA	6.11	6.78	12.89		12	5,174

### ANEXO 3. RUTAS DE TAXIS COLECTIVOS

RUTA	RAMAL	DESCRIPCIÓN	SENTIDO 1	SENTIDO 2	TOTAL	EDAD PROMEDIO DE		DEMANDA DIARIA
						LA FLOTA (años)	DE PASAJEROS	
			LONGITUD (KM)					
32	3	NEZAHUALTPILLI-COYOACÁN	6.54	6.66	13.2	9.67		21,918
32	5	NEZAHUALTPILLI-M. TASQUEÑA	6.9	5.71	12.61	10.2		16,478
32	6	REY MOCTEZUMA-COYOACÁN	5.42	5.6	11.02	9.76		9,362
32	8	M. TASQUEÑA-AZTECAS	6.83	5.72	12.55	10.41		6,106
37	6	SANTA CRUZ MEYEHUALCO-QUETZALCOATL	3.05	3.9	6.95	13		6,006
37	8	SANTA CRUZ-LA NOPALERA	6.4	5.9	12.3	11		11,184
37	9	SANTA CRUZ MEYEHUALCO-COL. HANK G.	1.94	1.94	3.88	12.95		4,304
37	11	SANTA CRUZ MEYEHUALCO-TENORIOS	3.2	3.2	6.4	11.95		4,138
38	2	M. TASQUEÑA-CTM SEC. 10	5.95	6.31	12.26	9		1,980
38	4	M. TASQUEÑA-CAFETALES CTM	5.97	6.22	12.19	8.76		1,791
43	3	SAN ANGEL-SANTA ROSA XOCHIIACA	0	12.81	12.81	3.8		3,279
43	4	SAN ANGEL-TETELPAN	7.24	7.34	14.58	5.46		19,465
45	1	DR. GALVEZ-AV. AZTECAS	5.53	6.79	12.32	10.9		26,422
46	1	JALAPA-LAS TORRES	7.22	5.42	12.64	2		26,175
50	5	TLAHUAC-SAN JOSÉ	1.9	3.1	5	10.66		2,481
50	6	TULYEHUALCO-AYOTZINGO	4.1	3.2	7.3	4.72		4,124
51	1	XICO-TLAHUAC	7.1	7.2	14.3	6		25,577
52	1	BACHILLERES-COYOACÁN	5.72	5.72	11.44	13.77		9,579
55	2	TULYEHUALCO-COL. DEL CARMEN	1.65	1.02	2.67	8.97		1,915
54	2	OBSERVATORIO-LA CONCHA	1.74	2.08	3.82	11.14		10,537
56	1	FLORES MAGÓN-M. TASQUEÑA	6.64	5.68	12.32	10		8,223
58	4	G. SÁNCHEZ-M. POTRERO	4.44	4.28	8.72	9.78		8,271
59	3	M. TASQUEÑA-AHUANUSCO	5.98	5.62	11.6	8		6,398
64	4	M. INDIOS VERDES-SAN JUANICO	4.5	7.65	12.15	11		6,657
64	9	M. INDIOS VERDES-LA PRESA	5.93	5.68	11.61	14		6,224
67	1	J.M. VIRGIL-DÍAZ ORDAZ	4.91	5.58	10.49	13		3,476
70	3	ACOXA-LAS TORRES	6.4	7	13.4	9.79		10,652
71	1	DEP. SANTA MARTHA-MERCADO DE GPE.	5.38	4.51	9.89	5.1		3,861
71	2	DEP. SANTA MARTHA-ZAPATA	5.54	4.94	10.48	11.64		21,589

### ANEXO 3. RUTAS DE TAXIS COLECTIVOS

RUTA	RAMAL	DESCRIPCIÓN	SENTIDO 1	SENTIDO 2	TOTAL	EDAD PROMEDIO DE		DEMANDA DIARIA
						LA FLOTA (años)	DE PASAJEROS	
			LONGITUD (KM)					
71	5	M. ERMITA-E. ZAPATA	4.3	4.4	8.7		3.89	4,709
71	12	DEP. SANTA MARTHA-IXTLAHUACA	4.41	3.49	7.9		8.79	13,696
71	13	DEP. SANTA MARTHA-MERCADO DE GPE.	6.5	6.6	13.1		4.21	24,972
73	1	HUIPULCO-HOSPITALES	7.22	7.7	14.92		7	20,331
73	3	HUIPULCO-T. PEDREGAL HORNOS DIF	6.9	7.4	14.3		6.18	29,088
73	4	HUIPULCO-HOSPITALES Y F. DE TEPEPAN	5.7	6.11	11.81		5.61	14,116
75	1	ESTADIO AZTECA-TEPETONGO	6.45	7.43	13.88		10.96	12,882
75	2	ESTADIO AZTECA-HORNOS	6.54	5.65	12.19		10	10,489
76	3	M. OBSERVATORIO-OLIVAR DEL CONDE	5.01	5.16	10.17		7.9	2,844
88	8	M. BALBUENA-AV. 508	6.6	6.44	13.04		9.31	12,478
89	2	OBSERVATORIO-SAN PEDRO	6.66	6.55	13.21		1.46	3,552
95	2	M. UNIVERSIDAD-HUIPULCO	5.67	5.33	11		10.7	7,840
97	1	M. UNIVERSIDAD-COL. G. RAMOS MILLÁN	5.22	6.24	11.46		10.8	2,590
98	1	M. TACUBAYA-CUEMANCO	3.49	5.65	9.14		6.22	5,720
99	6	M. REVOLUCIÓN-TOREO	7.58	7.42	15		5	12,133
99	8	M. CUTTLAHUAC-SAN PEDRO XALPA	5.56	7.6	13.16		5.24	7,550
101	1	M. VIADUCTO-COL. G. RAMOS MILLÁN	5.13	5.6	10.73		17	16,745
108	3	M. VIADUCTO-GRANJAS MÉXICO	4.62	4.14	8.76		13	2,092

**ANEXO 4. TARIFAS DE CONSUMO.**

NO. DE TARIFA	USO	APLICACIONES
1	Servicio Domestico	Todos los servicios que destinan la energía para uso exclusivamente doméstico, cualquiera que sea la carga conectada individualmente a cada residencia. Estos servicios sólo se suministrarán en baja tensión y no deberá aplicárseles ninguna otra tarifa.
1A	Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 25 °C	Todos los servicios que destinan la energía para uso exclusivamente doméstico, cualquiera que sea la carga conectada individualmente a cada residencia, en localidades cuya temperatura media mensual en verano durante dos meses consecutivos o más sea de 25° C como mínimo; estos servicios sólo se suministrarán en baja tensión y no deberá aplicárseles ninguna otra tarifa.
1B	Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 28 °C	Todos los servicios que destinan la energía para uso exclusivamente doméstico, cualquiera que sea la carga conectada individualmente a cada residencia, en localidades cuya temperatura media mensual en verano durante dos meses consecutivos o más sea de 28° C como mínimo; estos servicios sólo se suministrarán en baja tensión y no deberá aplicárseles ninguna otra tarifa.
1C	Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 30°C	Todos los servicios que destinan la energía para uso exclusivamente doméstico, cualquiera que sea la carga conectada individualmente a cada residencia, en localidades cuya temperatura media mensual en verano durante dos meses consecutivos o más sea de 30° C como mínimo; estos servicios sólo se suministrarán en baja tensión y no deberá aplicárseles ninguna otra tarifa.
1D	Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 31°C	Todos los servicios que destinan la energía para uso exclusivamente doméstico, cualquiera que sea la carga conectada individualmente a cada residencia, en localidades cuya temperatura media mensual en verano durante dos meses consecutivos o más sea de 31° C como mínimo; estos servicios sólo se suministrarán en baja tensión y no deberá aplicárseles ninguna otra tarifa.
2	Servicio general hasta 25 kw de demanda	Todos los servicios que destinan la energía en baja tensión a cualquier uso, con demanda hasta de 25 kw, excepto a los servicios para los cuales se fija específicamente su tarifa.
3	Servicio general para más de 25 kw de demanda	Todos los servicios que destinan la energía en baja tensión a cualquier uso, con demanda mayor a 25 kw, excepto a los servicios para los cuales se fija específicamente su tarifa.
5	Servicio para alumbrado público	Al suministro de energía eléctrica para el servicio a semaforos, alumbrado y alumbrado ornamental por temporadas, de calles, plazas, parques y jardines públicos en las zonas comprendidas del D.F., Mayagüez y Caguas.
5A	Servicio para alumbrado público	Al suministro de energía eléctrica para el servicio a semaforos, alumbrado y alumbrado ornamental por temporadas, de calles, plazas, parques y jardines públicos en todo el país exceptuándose las circunscripciones para las cuales rige la tarifa no. 5.
6	Servicio para bombas de agua potables e aguas de servicio público	Al suministro de energía eléctrica para servicio público de bombas de agua potables e aguas.

NO. DE TARIFA	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN
7	Servicio Temporal	Todos los servicios que destinen la energía temporalmente a cualquier uso, exclusivamente donde y cuando la capacidad de las instalaciones del suministrador lo permitan y éste tenga líneas de distribución adecuadas para dar el servicio.
9	Servicio para bombeo de agua para riego agrícola	A los servicios en alta o baja tensión, que destinen la energía para el bombeo de agua utilizada en el riego de tierras dedicadas al cultivo de productos agrícolas y al alumbrado del local donde se encuentre instalado el equipo de bombeo.
O-M	Tarifa ordinaria para servicio general en media tensión con demanda menor a 1000 kw	A los servicios que destinen la energía en media tensión a cualquier uso, con una demanda menor a 1,000 kw.
H-M	Tarifa horaria para servicio general en media tensión, con demanda de 1000 kw o más	A los servicios que destinen la energía en media tensión a cualquier uso, con una demanda de 1000 kw o más.
H-S	Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel subtransmisión	A los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel subtransmisión.
H-SL	Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel subtransmisión, para larga utilización	A los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel subtransmisión, y que por las características de utilización de su demanda solicite inscribirse en este servicio.
H-T	Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel transmisión	A los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel transmisión.
H-TL	Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel transmisión, para larga utilización.	A los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel transmisión y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio.
I-30	Tarifa para servicio interrumptible.	A los usuarios de las tarifas H-S, H-T, H-SL Y H-TL que soliciten inscribirse adicionalmente en este servicio y que tengan una demanda máxima media en periodo de punta o base, mayor o igual a 20,000 kw durante los tres meses previos a la solicitud de inscripción.

Fuente: Tarifas para el Suministro y Venta de Energía Eléctrica, octubre de 1992 (actualizadas con la nueva unidad monetaria).

## **ANEXO 5. ANALISIS ENERGÉTICO.**

- **$E_f$  (Energía para vencer las fuerzas resistentes):**

$$E_f = [r_0 mg + 0.5 C_d \rho A V_0^2] L_j$$

$$L_j = V_c N_h = 213 \text{ km}$$

$$E_f = 36.3865 \text{ kWh}$$

- **$E_a$  (Energía para acelerar el vehículo):**

$$E_a = [0.5 m V_c^2] N$$

$N$  = número de paradas en la jornada

$$N = L_j / E_p ; E_p = \text{distancia recorrida entre paradas}$$

$$E_a = 10.4423 \text{ kWh}$$

- **$E_r$  (Energía de regenerado en el frenado):**

$$E_r = [0.5 m V_c^2] N R$$

$R$  = % de energía cinética del vehículo susceptible de recuperarse con el frenado regenerativo

$$E_r = 0.7518 \text{ kWh}$$

- **$E_c$  (Energía consumida):**

$$E_c = [E_a + E_f] / [\eta_i * \eta_m * \eta_t * \eta_{bg}] - E_r [\eta_i * \eta_m * \eta_t * \eta_{bg}]$$

$$E_c = 72.3286 \text{ kWh}$$

- **Consumo de energía anual =  $E_c * N_d = 22, 566.52 \text{ kWh}$**

- **Energía necesaria para satisfacer dicho consumo =  $[E_c * N_d] / \eta_{te}$   
= 25, 938.53 kWh**

Dentro de esta ruta, se tienen 26 vehículos, 15 combis y 11 minibuses. Como las características de la G-Van se asemejan a las de una combi, los cálculos posteriores se realizarán en base a estos vehículos. La capacidad de carga promedio para la combi asciende a 12 pasajeros, mientras que para el minibus es de 25.

Así,

Combi: 15 unidades \* 12 pasajeros = 180                      39.56 %  
Minibús: 11 unidades \* 25 pasajeros = 275                      60.44 %

**Demanda anual/vehículo = ((6,054 pas/día \* 0.3956)/15 unidades) \* 312 = 49,816 pas/vehic.**

Ahora bien,

49,816 pasajeros/vehículo                      -----                      25,938.53 kWh  
1 pasajero/vehículo                                      -----                      X kWh

**X = 0.5207 kWh**

0.5207 kWh                      -----                      (213 \* 312) km  
Y kWh                                      -----                      1 km

**Y = 7.8351 x 10<sup>-6</sup> kWh**

**Tarifa = \$ 0.15369 kWh**

**Costo pasajero/km = (7.8351 x 10<sup>-6</sup>) \* 0.15369 = \$ 1.20 x 10<sup>-6</sup> km/pasajero**

**Costo por kilómetro = (1.20 x 10<sup>-6</sup>) \* 49,816 = \$ 0.06/km**

**Costo por pasajero = (1.20 x 10<sup>-6</sup>) \* (213 \* 312) = \$ 0.000/pasajero**

## ANEXO 6. ESCENARIO 1: FLUJO DE EFECTIVO

PERIODO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
<b>INVERSION INICIAL</b>											
MINIBUSES ELÉCTRICOS	5,625,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LOTES DE BATERIAS	386,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	400,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MONTACARGAS	450,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TERRENO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CONSTRUCCIÓN OFICINAS, ALMACEN E INSTALACIONES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>6,860,000</b>	<b>0</b>									
<b>COSTOS DE OPERACIÓN</b>											
LOTES DE BATERIAS	0	0	79,200	158,400	237,600	297,200	158,400	0	0	0	0
MANTENIMIENTO Y REFACCIONES MINIBUSES ELÉCTRICOS	0	56,250	56,250	56,250	56,250	56,250	56,250	56,250	56,250	56,250	56,250
LLANTAS	0	4,500	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
MANTENIMIENTO SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	0	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
ENERGÍA ELÉCTRICA	0	117,936	117,936	117,936	117,936	117,936	117,936	117,936	117,936	117,936	117,936
CHOFERES	0	1,008,000	1,008,000	1,008,000	1,008,000	1,008,000	1,008,000	1,008,000	1,008,000	1,008,000	1,008,000
PERSONAL ADMINISTRATIVO	0	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000
PERSONAL MANTENIMIENTO	0	100,800	100,800	100,800	100,800	100,800	100,800	100,800	100,800	100,800	100,800
DEPRECIACIÓN	0	1,256,800	1,256,800	1,256,800	1,256,800	1,256,800	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
OTROS COSTOS	0	208,503	215,189	221,535	227,871	215,189	124,191	111,519	111,519	111,519	111,519
<b>TOTAL COSTOS DEL PERIODO</b>	<b>0</b>	<b>2,814,789</b>	<b>2,805,185</b>	<b>2,880,721</b>	<b>3,078,257</b>	<b>2,885,185</b>	<b>1,678,577</b>	<b>1,505,505</b>	<b>1,505,505</b>	<b>1,505,505</b>	<b>1,505,505</b>
<b>PAGO DEL CRÉDITO</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>555,440</b>	<b>555,440</b>	<b>555,440</b>	<b>555,440</b>	<b>555,440</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>COSTO FINANCIERO</b>	<b>358,259</b>	<b>358,259</b>	<b>358,259</b>	<b>285,607</b>	<b>214,955</b>	<b>143,304</b>	<b>71,852</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>DERECHOS DE USO DE TERRENO E INSTALACIONES</b>	<b>0</b>	<b>94,356</b>									
<b>TOTAL EGRESOS</b>	<b>7,218,259</b>	<b>3,267,404</b>	<b>3,913,368</b>	<b>3,967,124</b>	<b>3,891,699</b>	<b>3,683,284</b>	<b>2,328,825</b>	<b>1,600,861</b>	<b>1,600,861</b>	<b>1,600,861</b>	<b>1,600,861</b>
<b>INGRESOS</b>											
PASAJES	0	4,482,800	4,482,800	4,482,800	4,482,800	4,482,800	4,482,800	4,482,800	4,482,800	4,482,800	4,482,800
PRODUCTIVIDAD	0	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000
CREDITO (40%)	3,135,459	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>3,135,459</b>	<b>4,707,800</b>									
<b>CAPITAL NECESARIO PARA INV. INICIAL</b>	<b>4,482,800</b>	<b>0</b>									
<b>FLUJO DE EFECTIVO</b>	<b>0</b>	<b>1,439,396</b>	<b>894,632</b>	<b>739,679</b>	<b>776,782</b>	<b>1,019,916</b>	<b>2,319,776</b>	<b>3,117,889</b>	<b>3,117,889</b>	<b>3,117,889</b>	<b>3,117,889</b>
<b>CAPITAL DE TRABAJO</b>		<b>1,652,345</b>	<b>1,742,741</b>	<b>1,828,277</b>	<b>1,913,813</b>	<b>1,742,741</b>	<b>1,730,933</b>	<b>1,559,861</b>	<b>1,559,861</b>	<b>1,559,861</b>	<b>1,559,861</b>
<b>INV. EN CAP. DE TRABAJO</b>	<b>0</b>	<b>1,682,345</b>	<b>89,396</b>	<b>85,538</b>	<b>88,838</b>	<b>(171,872)</b>	<b>(11,889)</b>	<b>(171,872)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>TASA INTERNA DE RETORNO</b>	<b>18.13%</b>										

### ANEXO 6. ESCENARIO 2: FLUJO DE EFECTIVO

PERIODO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
<b>INVERSION INICIAL</b>											
MINIBUSES ELÉCTRICOS	4,500,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LOTES DE BATERIAS	386,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUBSTACION ELÉCTRICA	400,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MONTACARGAS	459,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TERRENO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CONSTRUCCIÓN OFICINAS, ALMACEN E INSTALACIONES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>5,755,000</b>	<b>0</b>									
<b>COSTOS DE OPERACIÓN</b>											
LOTES DE BATERIAS	0	0	79,200	158,400	237,600	297,000	356,400	415,200	474,000	532,800	591,600
MANTENIMIENTO Y REFACCIONES MINIBUSES ELÉCTRICOS	0	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000	45,000
LLANTAS	0	4,500	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
MANTENIMIENTO SUBSTACION ELÉCTRICA	0	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
ENERGÍA ELÉCTRICA	0	117,936	117,936	117,936	117,936	117,936	117,936	117,936	117,936	117,936	117,936
CHOFERES	0	1,008,000	1,008,000	1,008,000	1,008,000	1,008,000	1,008,000	1,008,000	1,008,000	1,008,000	1,008,000
PERSONAL ADMINISTRATIVO	0	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000
PERSONAL MANTENIMIENTO	0	100,800	100,800	100,800	100,800	100,800	100,800	100,800	100,800	100,800	100,800
DEPRECIACIÓN	0	1,031,800	1,031,800	1,031,800	1,031,800	1,031,800	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
OTROS COSTOS	0	189,803	189,289	202,635	208,971	186,299	123,291	110,819	110,819	110,819	110,819
<b>TOTAL COSTOS DEL PERIODO</b>	<b>0</b>	<b>2,559,639</b>	<b>2,650,035</b>	<b>2,735,571</b>	<b>2,821,107</b>	<b>2,850,035</b>	<b>1,884,427</b>	<b>1,483,365</b>	<b>1,483,365</b>	<b>1,483,365</b>	<b>1,483,365</b>
<b>PAGO DEL CRÉDITO</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>485,440</b>	<b>485,440</b>	<b>485,440</b>	<b>485,440</b>	<b>485,440</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>COSTO FINANCIERO</b>	<b>300,209</b>	<b>300,209</b>	<b>300,209</b>	<b>240,167</b>	<b>180,125</b>	<b>120,084</b>	<b>60,042</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>REBENTOS DE USO DE TERRENO E INSTALACIONES</b>	<b>0</b>	<b>94,356</b>									
<b>TOTAL EGRESOS</b>	<b>6,055,209</b>	<b>2,954,284</b>	<b>3,519,869</b>	<b>3,636,634</b>	<b>3,891,898</b>	<b>3,329,914</b>	<b>2,984,289</b>	<b>1,897,711</b>	<b>1,897,711</b>	<b>1,897,711</b>	<b>1,897,711</b>
<b>INGRESOS</b>											
PASAJES	0	4,492,800	4,492,800	4,492,800	4,492,800	4,492,800	4,492,800	4,492,800	4,492,800	4,492,800	4,492,800
PUBLICIDAD	0	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000
CRÉDITO (40%)	2,627,409	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>2,627,409</b>	<b>4,717,800</b>									
<b>CAPITAL NECESARIO PARA INV. INICIAL</b>	<b>3,427,800</b>	<b>0</b>									
<b>FLUJO DE EFECTIVO</b>	<b>0</b>	<b>1,763,516</b>	<b>1,207,700</b>	<b>1,182,266</b>	<b>1,186,772</b>	<b>1,267,865</b>	<b>2,433,536</b>	<b>3,129,889</b>	<b>3,129,889</b>	<b>3,129,889</b>	<b>3,129,889</b>
<b>CAPITAL DE TRABAJO</b>		<b>1,622,195</b>	<b>1,712,591</b>	<b>1,798,127</b>	<b>1,883,663</b>	<b>1,712,591</b>	<b>1,718,783</b>	<b>1,547,711</b>	<b>1,547,711</b>	<b>1,547,711</b>	<b>1,547,711</b>
<b>INV. EN CAP. DE TRABAJO</b>	<b>0</b>	<b>1,832,185</b>	<b>88,388</b>	<b>88,838</b>	<b>88,838</b>	<b>(171,872)</b>	<b>8,182</b>	<b>(171,872)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>TASA INTERNA DE RETORNO</b>	<b>23.87%</b>										

### ANEXO 6. ESCENARIO 3: FLUJO DE EFECTIVO

PERIODO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
<b>INVERSION INICIAL</b>											
MINIBUSES ELÉCTRICOS	5,625,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LOTES DE BATERIAS	306,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	400,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MONTACARGAS	450,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TERRENO	1,180,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CONSTRUCCIÓN OFICINAS, ALMACÉN E INSTALACIONES	1,275,500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>9,336,500</b>	<b>0</b>									
<b>COSTOS DE OPERACIÓN</b>											
LOTES DE BATERIAS	0	0	79,200	158,400	237,600	79,200	158,400	0	0	0	0
MANTENIMIENTO Y REFACCIONES MINIBUSES ELÉCTRICOS	0	56,250	56,250	56,250	56,250	56,250	56,250	56,250	56,250	56,250	56,250
LLANTAS	0	4,500	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,800	9,800	9,000	9,000
MANTENIMIENTO SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	0	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
ENERGÍA ELÉCTRICA	0	117,936	117,936	117,936	117,936	117,936	117,936	117,936	117,936	117,936	117,936
CHOFERES	0	1,008,000	1,008,000	1,008,000	1,008,000	1,008,000	1,008,800	1,008,800	1,008,000	1,008,000	1,008,000
PERSONAL ADMINISTRATIVO	0	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000	54,800	54,000	54,000	54,000
PERSONAL MANTENIMIENTO	0	100,800	100,800	100,800	100,800	100,800	100,800	100,800	100,800	100,800	100,800
DEPRECIACIÓN	0	1,502,360	1,502,360	1,502,360	1,502,360	1,502,360	285,550	285,550	285,550	285,550	285,550
OTROS COSTOS	0	228,147	234,843	241,179	247,515	234,843	143,635	131,163	131,163	131,163	131,163
<b>TOTAL COSTOS DEL PERIODO</b>	<b>0</b>	<b>3,079,983</b>	<b>3,170,379</b>	<b>3,255,915</b>	<b>3,341,451</b>	<b>3,170,379</b>	<b>1,941,771</b>	<b>1,770,689</b>	<b>1,770,689</b>	<b>1,770,689</b>	<b>1,770,689</b>
<b>PAGO DEL CRÉDITO</b>	<b>0</b>										
<b>COSTO FINANCIERO</b>	<b>0</b>										
<b>DERECHOS DE USO DE TERRENO E INSTALACIONES</b>	<b>0</b>										
<b>TOTAL EGRESOS</b>	<b>0,336,000</b>	<b>3,079,983</b>	<b>3,170,379</b>	<b>3,255,915</b>	<b>3,341,451</b>	<b>3,170,379</b>	<b>1,941,771</b>	<b>1,770,689</b>	<b>1,770,689</b>	<b>1,770,689</b>	<b>1,770,689</b>
<b>INGRESOS</b>											
PASAJES	0	4,492,800	4,492,800	4,492,800	4,492,800	4,492,800	4,492,800	4,492,800	4,492,800	4,492,800	4,492,800
PUBLICIDAD	0	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000
CRÉDITO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>0</b>	<b>4,717,800</b>									
<b>CAPITAL NECESARIO PARA INV. INICIAL</b>	<b>0,336,000</b>	<b>0</b>									
<b>FLUJO DE EFECTIVO</b>	<b>0</b>	<b>1,637,817</b>	<b>1,547,421</b>	<b>1,461,885</b>	<b>1,376,349</b>	<b>1,547,421</b>	<b>2,776,029</b>	<b>2,947,111</b>	<b>2,947,111</b>	<b>2,947,111</b>	<b>2,947,111</b>
<b>CAPITAL DE TRABAJO</b>		1,577,633	1,088,029	1,753,565	1,839,101	1,088,029	1,656,221	1,485,149	1,485,149	1,485,149	1,485,149
<b>INV. EN CAP. DE TRABAJO</b>	<b>0</b>	<b>1,577,633</b>	<b>89,388</b>	<b>85,838</b>	<b>85,838</b>	<b>(171,872)</b>	<b>(11,889)</b>	<b>(171,872)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>TASA INTERNA DE RETORNO</b>	<b>17.69%</b>										

## ANEXO 6. ESCENARIO 1: TABLA DE CREDITO

86

PERIODO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7
COSTO MINIBUS	375,000	0	0	0	0	0	0	0
CTO. TOTAL MINIBUS	5,625,000	0	0	0	0	0	0	0
SUBESTACION	400,000	0	0	0	0	0	0	0
TERRENO	0	0	0	0	0	0	0	0
OBRA CIVIL	0	0	0	0	0	0	0	0
MONTACARGAS	918,000	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL COSTOS \$	6,943,000	0	0	0	0	0	0	0
% DE FINANCIAMIENTO	48.80%	0	0	0	0	0	0	0
CREDITO TOTAL \$	2,777,200	0	0	0	0	0	0	0
UDI (\$)	1,500,001	0	0	0	0	0	0	0
CREDITO TOTAL EN UDI's	1,700,943	1,700,943	1,700,943	1,418,960	1,001,920	707,977	363,980	0
CPP EN UDTS + 4	12.90%	12.90%	12.90%	12.90%	12.90%	12.90%	12.90%	12.90%
CREDITO + INTERESES EN UDI's	1,998,284	1,998,284	1,998,284	1,598,612	1,198,956	799,308	399,653	0
INTERESES EN UDI's	230,323	230,323	230,323	182,650	136,960	91,329	46,673	0

**ANEXO 6. ESCENARIO 2: TABLA DE CREDITO**

<b>PERIODO</b>	<b>AÑO 0</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>	<b>AÑO 4</b>	<b>AÑO 5</b>	<b>AÑO 6</b>	<b>AÑO 7</b>
<b>COSTO MINIBUS</b>	300,000	0	0	0	0	0	0	0
<b>CTO. TOTAL MINIBUS</b>	4,500,000	0	0	0	0	0	0	0
<b>SUBESTACION</b>	400,000	0	0	0	0	0	0	0
<b>TERRENO</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>OBRA CIVIL</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>MONTACARGAS</b>	918,000	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL COSTOS S</b>	5,818,000	0	0	0	0	0	0	0
<b>% DE FINANCIAMIENTO</b>	89.86%	0	0	0	0	0	0	0
<b>CREDITO TOTAL S</b>	2,327,200	0	0	0	0	0	0	0
<b>UDI (\$)</b>	1.589091	0	0	0	0	0	0	0
<b>CREDITO TOTAL EN UDI's</b>	1,463,162	1,463,162	1,463,162	1,186,621	689,891	683,291	286,636	0
<b>CPP EN UDI'S + 4</b>	12.90%	12.90%	12.90%	12.90%	12.90%	12.90%	12.90%	12.90%
<b>CREDITO + INTERESES EN UDI's</b>	1,674,478	1,674,478	1,674,478	1,339,563	1,004,667	689,791	334,886	0
<b>INTERESES EN UDI's</b>	191,327	191,327	191,327	163,861	114,796	76,631	38,250	0

### **ANEXO 6. ESCENARIO 3: TABLA DE CREDITO**

<b>PERIODO</b>	<b>AÑO 0</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>	<b>AÑO 4</b>	<b>AÑO 5</b>	<b>AÑO 6</b>	<b>AÑO 7</b>
COSTO MINIBUS	375,000	0	0	0	0	0	0	0
CTO. TOTAL MINIBUS	5,825,000	0	0	0	0	0	0	0
SUBESTACION	400,000	0	0	0	0	0	0	0
TERRENO	1,180,000	0	0	0	0	0	0	0
OBRA CIVIL	1,275,500	0	0	0	0	0	0	0
MONTACARGAS	918,000	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL COSTOS S</b>	<b>9,398,500</b>	<b>0</b>						
% DE FINANCIAMIENTO	0.89%	0	0	0	0	0	0	0
<b>CREDITO TOTAL S</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
UDI (\$)	1.589091	0	0	0	0	0	0	0
<b>CREDITO TOTAL EN UDI's</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
CPP EN UDI'S + J	12.90%	12.90%	12.90%	12.90%	12.90%	12.90%	12.90%	12.90%
<b>CREDITO + INTERESES EN UDI's</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>INTERESES EN UDI's</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

## ANEXO 6. ESCENARIO 1: ESTADO DE RESULTADOS

PERIODO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
INGRESOS NETOS	4,492,800	4,492,800	4,492,800	4,492,800	4,492,800	4,492,800	4,492,800	4,492,800	4,492,800	4,492,800
- COSTO DE LO VENDIDO	1,295,486	1,379,186	1,458,386	1,537,586	1,379,186	1,458,386	1,299,986	1,299,986	1,299,986	1,299,986
= UTILIDAD BRUTA	3,197,314	3,113,614	3,034,414	2,955,214	3,113,614	3,034,414	3,192,814	3,192,814	3,192,814	3,192,814
- GASTOS DE ADMINISTRACIÓN	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000
- DEPRECIACIÓN	1,256,800	1,256,800	1,256,800	1,256,800	1,256,800	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
= UTILIDAD DE OPERACIÓN	1,886,514	1,882,814	1,723,614	1,644,414	1,882,814	2,940,414	3,088,814	3,088,814	3,088,814	3,088,814
- GASTOS FINANCIEROS	358,259	358,259	286,607	214,955	143,304	71,652	0	0	0	0
- PAGO DE CRÉDITO	0	555,440	555,440	555,440	555,440	555,440	0	0	0	0
- OTROS GASTOS	302,859	309,555	315,891	322,227	309,555	218,547	205,875	205,875	205,875	205,875
+ OTROS PRODUCTOS	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000
= UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO	1,480,386	884,868	788,676	776,792	1,819,516	2,319,776	3,117,938	3,117,938	3,117,938	3,117,938
- IMPUESTOS	507,639	281,596	276,737	271,877	356,830	811,921	1,091,279	1,091,279	1,091,279	1,091,279
- DIVIDENDOS	116,032	64,365	63,254	62,143	81,561	185,582	249,435	249,435	249,435	249,435
= UTILIDAD NETA	826,726	498,998	498,985	442,771	981,124	1,322,272	1,777,226	1,777,226	1,777,226	1,777,226
UTILIDAD NETA ACUMULADA	826,726	1,285,325	1,736,811	2,178,782	2,789,986	4,862,178	6,889,483	7,836,638	9,413,864	11,191,879

## ANEXO 6. ESCENARIO 2: ESTADO DE RESULTADOS

PERIODO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
INGRESOS NETOS	4,482,800	4,482,800	4,482,800	4,482,800	4,482,800	4,482,800	4,482,800	4,482,800	4,482,800	4,482,800
- COSTO DE LO VENDIDO	1,284,236	1,367,936	1,447,136	1,526,336	1,367,936	1,447,136	1,288,736	1,288,736	1,288,736	1,288,736
= UTILIDAD BRUTA	3,200,864	3,124,864	3,045,864	2,958,464	3,124,864	3,045,864	3,204,864	3,204,864	3,204,864	3,204,864
- GASTOS DE ADMINISTRACION	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000
- DEPRECIACION	1,031,800	1,031,800	1,031,800	1,031,800	1,031,800	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
= UTILIDAD DE OPERACION	2,122,764	2,009,864	1,990,864	1,899,864	2,009,864	2,061,864	3,110,864	3,110,864	3,110,864	3,110,864
- GASTOS FINANCIEROS	300,200	300,200	240,167	180,125	120,084	60,042	0	0	0	0
- PAGO DE CRÉDITO	0	465,440	465,440	465,440	465,440	465,440	0	0	0	0
- OTROS GASTOS	283,958	290,855	296,991	303,327	290,855	217,647	204,975	204,975	204,975	204,975
- OTROS PRODUCTOS	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000
= UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO	1,763,886	1,387,709	1,182,286	1,186,772	1,387,889	2,433,886	3,130,889	3,130,889	3,130,889	3,130,889
- IMPUESTOS	617,250	422,716	413,793	404,870	485,780	851,737	1,095,531	1,095,531	1,095,531	1,095,531
- DIVIDENDOS	141,088	96,621	94,561	92,542	111,031	184,683	250,407	250,407	250,407	250,407
= UTILIDAD NETA	1,005,548	868,323	673,932	689,360	791,068	1,387,115	1,784,161	1,784,161	1,784,161	1,784,161
UTILIDAD NETA ACUMULADA	1,005,548	1,693,673	2,367,606	3,036,925	3,818,029	5,205,136	6,989,295	8,773,436	10,557,597	12,341,738

## **ANEXO 5. ESCENARIO 3: ESTADO DE RESULTADOS**

<b>PERIODO</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>	<b>AÑO 4</b>	<b>AÑO 5</b>	<b>AÑO 6</b>	<b>AÑO 7</b>	<b>AÑO 8</b>	<b>AÑO 9</b>	<b>AÑO 10</b>
INGRESOS NETOS	4,482,800	4,482,800	4,482,800	4,482,800	4,482,800	4,482,800	4,482,800	4,482,800	4,482,800	4,482,800
- COSTO DE LO VENDIDO	1,295,486	1,379,186	1,458,386	1,537,586	1,379,186	1,453,386	1,299,986	1,299,986	1,299,986	1,299,986
<b>= UTILIDAD BRUTA</b>	<b>3,187,314</b>	<b>3,113,614</b>	<b>3,024,414</b>	<b>2,945,214</b>	<b>3,113,614</b>	<b>3,029,414</b>	<b>3,182,814</b>	<b>3,182,814</b>	<b>3,182,814</b>	<b>3,182,814</b>
- GASTOS DE ADMINISTRACIÓN	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000	54,000
- DEPRECIACIÓN	1,502,350	1,502,350	1,502,350	1,502,350	1,502,350	285,550	285,550	285,550	285,550	285,550
<b>= UTILIDAD DE OPERACIÓN</b>	<b>1,630,964</b>	<b>1,667,264</b>	<b>1,678,064</b>	<b>1,396,864</b>	<b>1,667,264</b>	<b>2,094,864</b>	<b>2,063,264</b>	<b>2,063,264</b>	<b>2,063,264</b>	<b>2,063,264</b>
- GASTOS FINANCIEROS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- PAGO DE CRÉDITO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- OTROS GASTOS	228,147	234,843	241,179	247,515	234,843	143,835	131,163	131,163	131,163	131,163
+ OTROS PRODUCTOS	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000	225,000
<b>= UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO</b>	<b>1,627,817</b>	<b>1,667,421</b>	<b>1,661,885</b>	<b>1,376,349</b>	<b>1,667,421</b>	<b>2,776,829</b>	<b>2,967,191</b>	<b>2,967,191</b>	<b>2,967,191</b>	<b>2,967,191</b>
- IMPUESTOS	573,236	541,597	511,660	481,722	541,597	971,610	1,031,485	1,031,485	1,031,485	1,031,485
- DIVIDENDOS	131,025	123,794	116,951	110,108	123,794	222,062	235,768	235,768	235,768	235,768
<b>= UTILIDAD NETA</b>	<b>923,556</b>	<b>982,030</b>	<b>933,275</b>	<b>784,519</b>	<b>982,030</b>	<b>1,582,337</b>	<b>1,679,848</b>	<b>1,679,848</b>	<b>1,679,848</b>	<b>1,679,848</b>
<b>UTILIDAD NETA ACUMULADA</b>	<b>933,586</b>	<b>1,815,886</b>	<b>2,648,886</b>	<b>3,433,379</b>	<b>4,315,489</b>	<b>5,897,746</b>	<b>7,577,594</b>	<b>9,257,441</b>	<b>10,937,289</b>	<b>12,617,137</b>

# 7

## BIBLIOGRAFIA

### REVISTAS Y PUBLICACIONES.

**Dooling, Dave, Transportation, SPECTRUM MAGAZINE, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York City, USA, Volumen 30, Número 1, enero de 1993.**

**Rissanen, Michael J., Electric Vehicles, SPECTRUM MAGAZINE, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York City, USA, Volumen 29, Número 11, noviembre de 1992.**

**Gromer, Cliff, La nueva era del auto eléctrico, MECANICA POPULAR, Offset Multicolor S.A. de C.V., México, D.F., Volumen 47-5, enero-junio de 1993.**

**D'Agostino Steven, The Electric Car, IEEE POTENTIALS, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York City, USA, Volumen 12, Número 1, febrero de 1993.**

**Mollard, Jacques, La voiture électrique tient la route, ÉVENÉMENT, Centro Científico y Tecnológico de Francia, México, D.F., 1993.**

**Woodruff, David, Electric Cars, INTERNATIONAL BUSINESS WEEK, McGraw-Hill Inc., Netherlands, mayo de 1994.**

**Jara, Rubén, Medios mexicanos Out-of-Home, ADCEBRA, Revista Mexicana de Mercadotecnia, Publicidad y Comunicación, Año V, Número 51, México, D.F., mayo de 1996.**

**Breese, Kristine, California group unveils electric concept car, AUTOMOTIVE NEWS, Crain Communications Inc., USA, diciembre de 1992.**

**The car industry, THE ECONOMIST, New York, NY, octubre de 1992.**

**Le véhicule électrique, ARTS ET METIERS MAGAZINE, Centro Científico y Tecnológico de Francia, México, D.F., mayo de 1993.**

**The electric car's Achilles' axle, THE ECONOMIST, New York, NY, septiembre de 1992.**

**Electric Vehicles Components and Publications Program, KTA Services Inc., USA, 1994.**

**Electric Vehicle Systems Manual, Solar Electric, USA, 1992.**

**Programa Integral de Transporte del Distrito Federal y Estado de México, DDF, México, 1991.**

**El vehículo eléctrico: estado actual y perspectivas, Comisión Nacional para el Ahorro de la Energía, SEMIP, México, 1992.**

**Condensado de información sobre vehículos eléctricos, Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), División de Sistemas Eléctricos, México, 1991.**

**Informe sobre las pruebas de campo de una G-Van en el sistema de transporte de la ZMCM, Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), División de Sistemas Eléctricos, México, 1995.**

**Padilla, Beatriz, Primera Reunión Empresarial en una Industria Mexicana de Vehículos Eléctricos, México, junio de 1994.**

**Condensado de rutas de taxis colectivos y sus ramales en el Distrito Federal y Estado de México, Coordinación General de Transporte (CGT), México, 1994.**

**Resumen del inventario actual de rutas de taxis colectivos en el Distrito Federal, Coordinación General de Transporte, México, 1991.**

**Agenda Estadística de los Estados Unidos Mexicanos, INEGI, México, 1994.**

**Análisis Energético para el Minibús Eléctrico II-UNAM, Instituto de Ingeniería, UNAM, México, 1994.**

## **ARTICULOS EN PERIÓDICOS.**

**Zúñiga, María Elena, Arranca la producción de vehículos eléctricos, REFORMA, México, D.F., 20 de octubre de 1994.**

**Ramos, Claudia, Pronostican uso masivo de eléctricos en 6 años, REFORMA, México D.F., 26 de octubre de 1994.**

**Páramo, Arturo, Bajarán de precio los eléctricos, REFORMA, México D.F., 3 de noviembre de 1994.**

**Páramo, Arturo, Bajarán de precio los eléctricos, REFORMA, México D.F., 3 de noviembre de 1994.**

**Brito, Julio, Aumenta el mercado de vehículos eléctricos, EL UNIVERSAL, 15 de octubre de 1994.**

## **FOLLETOS.**

**Minibús Eléctrico II-UNAM, Instituto de Ingeniería, UNAM, México D.F., 1994.**

**Electruck, Taylor-Dunn, USA, 1993.**

**Waterfront Area Visitor Express, Electric Bus development, Pacific, Gas and Electric, USA, 1994.**

**Ligth Shuttle Bus, U.S. Electricar, USA, 1994.**

**CALSTART Electric Shuttle Bus demonstration, Ride Electric, USA, 1994.**

## **LIBROS.**

**Koenes, Avelina, EL PLAN DE NEGOCIOS, Primera Edición en Español, Ediciones Diaz de Santos, S.A., Madrid, España, 1993.**

**Van Velkenburg, Nooger & Neville, ELECTRICIDAD BÁSICA, Primera Edición, Compañía Editorial Continental S.A., México, D.F., 1973.**