

1
2
1

PROYECTO DE
UN AUTOMÓVIL HÍBRIDO.
TRANSPORTE URBANO Y CONTAMINACIÓN
LUIS GONZÁLEZ MURIAS

1998

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES

I.C.A.I.



PROYECTO DE
UN AUTOMÓVIL HÍBRIDO.
TRANSPORTE URBANO Y CONTAMINACIÓN

LUIS GONZÁLEZ MURIAS
Madrid, Mayo de 1998

El presente proyecto consta de:

Documento n° 1

Memoria Antecedentes	98 páginas.
Memoria descriptiva	118 páginas.
Estudio económico	3 páginas.
Anexo n° 1	2 páginas.
Anexo n° 2	24 páginas.
Anexo n° 3	8 páginas.
Anexo n°4	8 páginas.
Anexo n° 5	12 páginas.

Documento n° 2

Índice de planos	1 página.
Planos (4)	4 páginas.

Documento n°3

Pliego de condiciones	11 páginas.
-----------------------	-------------

Documento n° 4

Presupuesto	1 página.
-------------	-----------

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES

I.C.A.I.



**PROYECTO DE UN AUTOBÚS HÍBRIDO.
TRANSPORTE URBANO Y CONTAMINACIÓN.**

Vo D
por Calaveras
hr

Luis González Murias

Madrid, Mayo de 1998

MEMORIA

MEMORIA ANTECEDENTES

1.1. MEMORIA ANTECEDENTES	1
1.1.1. ANTECEDENTES: COMBUSTIÓN INTERNA Y ENERGÍA ELÉCTRICA	1
1.1.2. EL TRANSPORTE PÚBLICO PLANTEAMIENTO GENERAL	6
1.1.2.1. Transporte Público, Calidad de vida y Movilidad: Un Planteamiento Genral	6
1.1.2.2. Algunos datos sobre transporte y movilidad en España	15
1.1.2.2.1. Transporte, Energía y Medio Ambiente ..	16
1.1.2.2.2. El Transporte Público Urbano de superficie en España	15
1.1.2.2.3. La Movilidad en las ciudades españolas .	18
1.1.2.3. Gestión del Tráfico. Medidas encaminadas a agilizar la Movilidad	20
1.1.2.3.1. La competencia entre el transporte público y el privado. Hacia un nuevo modelo de movilidad	20
1.1.2.3.2. La actuación de coexistencia. La gestión del tráfico. Medidas de agilidad del transporte público	24
1.1.3. LOS PAISES DESARROLLADOS Y LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	28

1.1.3.1.EE.UU.	28
1.1.3.2.Japón	29
1.1.3.3.Canadá	29
1.1.3.4.Francia	30
1.1.3.5.Alemania	31
1.1.3.6.Italia	31
1.1.3.7.Suecia	32
1.1.3.8.Suiza	32
1.1.3.9.Reino Unido	33
1.1.3.10.Europa en general	33
1.1.4.EL PROBLEMA ENERGÉTICO Y LA CONTAMINACIÓN....	34
1.1.4.1.Impacto energético	37
1.1.4.2.Impacto Ambiental	39
1.1.4.3.Emisiones de los vehículos de gasolina	40
1.1.4.4.Emisiones de las centrales eléctricas	43
1.1.5.SOLUCIÓN AL PROBLEMA. FOMENTAR LOS VEHÍCULOS DE TRANSPORTE COLECTIVO	47
1.1.5.1.Tranvías	50
1.1.5.2.Autobús Diesel-Eléctrico	50
1.1.5.3.Autobús con baterías	52
1.1.5.4.Biodiesel	53
1.1.5.5.El Alcohol	54
1.1.5.6.Gas Natural Comprimido (GNC)	55

1.1.5.7. Gas Licuado de Petróleo (GLP)	56
1.1.5.8.Hidrógeno	57
1.1.5.9.Energía Solar	58
1.1.5.10.Autobús Híbrido	59
 1.1.6.AUTOBÚS. AVANCES TECNOLÓGICOS Y PREVISIONES	
PARA LOS PRÓXIMOS AÑOS	61
1.1.6.1.Sisteam de guía para los autobuses	62
1.1.6.2.El “sistema de arrodillamiento” en autobuses	66
1.1.6.3.Medidas de confort	68
1.1.6.4.Autobús articulado	71
1.1.6.5.Renovación de la flota	74
1.1.6.6.Otros desarrollos	77
1.1.6.7.Influencia de un grado de operación eficiente sobre el nivel de aceptación de los avances tecnológicos por parte de los usuarios	82
1.1.6.8.Conclusión	85
 1.1.7.TRÁFICO Y TRANSPORTE URBANO EN CIUDADES DE	
TAMAÑO MEDIO. LA CORUÑA	88
1.1.7.1.Introducción	88

1.1.7.2.Datos básicos de la ciudad	89
1.1.7.2.1.Estructurales	89
1.1.7.2.2.Infraestructura del transporte	90
1.1.7.2.3.Transporte público	91
1.1.7.2.4.Consumo de enrgía y contaminación	95
1.1.7.2.5.Distintos modelos de movilidad	96
1.1.7.2.6.Propiedad de vehículos	96

1.1.- MEMORIA ANTECEDENTES

1.1.1- Antecedentes: Combustión Interna y Energía Eléctrica.

Comenzamos definiendo el autobús como un vehículo autopropulsado concebido para el transporte colectivo sobre carreteras ordinarias. Podemos considerar como precursor del autobús al automóvil particular que hoy en día conocemos.

Las primeras ideas sobre un vehículo autopropulsado nos vienen de un pintor italiano llamado Martini, en el siglo XIV. De esa época también tenemos los dibujos de Leonardo Da Vinci, éste ideó un vehículo de guerra propulsado por un sistema de poleas similar al de Martini.

Llegamos a 1679, cuando el escocés James Watt patenta una máquina de vapor destinada principalmente a la industria. Un año más tarde, Isaac Newton concibe la idea de un vehículo propulsado por este sistema.

Con poco éxito, Thomas Savery en 1698 trató de construir otra máquina de vapor. Años más tarde, en 1711, Thomas Newcomen logró mejorar la máquina haciéndola menos peligrosa.

El constructor del primer automóvil fue Nicolas-Joseph Cugnot, que en 1769

construyó el vehículo Cugnot movido por una inmensa caldera de vapor y que consiguió trasladar a cuatro personas durante 20 minutos a una velocidad media de 3.6 km./h, transcurrido ese tiempo debían parar a recargar la caldera.

En 1801, Richard Trevithick construyó otra caldera rodante, para, dos años más tarde, mejorarla y llegar a alcanzar una velocidad de 12 millas/h.

Construidos los primeros vehículos autopropulsados aparecen las primeras leyes para regular su uso. Así en 1865 el Parlamento Británico limita la velocidad de estos vehículos a 4 millas/h. en caminos y a 2 millas/h. en ciudad debido a su rumorosidad y a su peligrosidad.

Por estos problemas los fabricantes vieron en la energía eléctrica una posible salida. Con ella se conseguía que los vehículos fueran más silenciosos y suaves en su circular (no emitían los tan molestos escapes de vapor). Pero en aquella época ya encontraron una dificultad que persiste hoy en día, la acumulación de energía. Las baterías eran poco fiables, pesadas y necesitaban recargarse cada poco tiempo. A pesar de todo esto lograron circular unos pocos vehículos de este tipo en Londres a finales de 1800.

En Francia también realizaron experimentos con estos vehículos y así en 1899 logran alcanzar la velocidad de 60 millas/hora. con un vehículo eléctrico con forma de torpedo, el Jeantaud, pero las altas velocidades conseguidas quemaban

rapidísimamente las baterías con lo que se olvidó este sistema de propulsión.

En América es donde aparecería la rivalidad entre las fábricas de vehículos autopropulsados eléctricos y a vapor. Los primeros dispondrían de su época de mayor esplendor en 1912, con más de 35.000 coches circulando por este continente. Pero poco a poco los de vapor se harían más populares.

A partir de 1906 se comienza a desarrollar la aplicación de las máquinas de combustión interna a los coches. La teoría de estas máquinas ya era conocida desde 1860, cuando Etienne Lenoir patentó en París un motor térmico movido con gas de carbón que no obtendría éxito, y 1864 cuando Siegfried Marcus, de Viena, creó una máquina con un cilindro que disponía a su vez de un rudimentario carburador y de un sistema para crear las sucesivas explosiones.

Comenzaron a tener éxito en los quince últimos años del siglo anterior con Carl Freidrich Benz y Gottlich Wilhelm Daimler, ambos trabajaban separadamente en el mismo proyecto, mejorar el motor de Nikolaus Otto, que había mejorado la máquina de Lenoir. Benz conseguiría la patente sobre un carruaje con motor de gasolina en 1886, este incluía soluciones que aún se aplican hoy en día como son el encendido eléctrico, diferencial, válvulas mecánicas, carburador, sistema de enfriamiento, sistema de engrase y sistema de frenos. En 1887 Daimler logró montar su motor sobre un vehículo habilitado para dos personas, éste era más ligero que el de Benz y lograba alcanzar unos mayores regímenes. Con el paso del tiempo, en 1926, ambas

empresas se fusionaron resultando la tan prestigiosa marca Mercedes Benz.

En América el que trabajaba en un ambicioso proyecto era Henry Ford, en 1898 trató de mejorar un vehículo que el mismo había construido años antes, pero estas mejoras no lograron alargar la vida del automóvil que se estropearía en el primer año. Finalmente logró solucionar todos sus problemas y sacó al mercado varios modelos, y uno de ellos, el modelo T, alcanzó un éxito impensable y Ford se vio obligado a crear nuevas fábricas ante la elevada demanda de este modelo. Rivalizaba por aquellos años con Ford otra marca Oldsmobile, que logró fabricar el primer coche popular y económico en Estados Unidos.

Hecho clave en la evolución del automóvil fue la introducción de las cadenas de montaje, introducidas por Ford, que reducían considerablemente los tiempos y los costes de producción y con la que consiguió la supremacía en el sector hasta finales de la primera Guerra Mundial.

A la par de la industria de los vehículos de combustión interna se intentaban fabricar vehículos eléctricos. El primer prototipo del mundo fue construido por el inventor escocés Robert Davidson en 1837. En Estados Unidos el primer vehículo eléctrico de cuatro ruedas llegó de la mano de Willians Morrison en 1891, disponía de 24 baterías que necesitaban de 10 horas para cargarse y le confería una autonomía de 13 horas a velocidades de hasta 14 millas/hora. Podríamos considerarlo como el precursor de los autobuses con este sistema de propulsión sino fuera por que el

prototipo nunca llegó a producirse en serie.

Continuaron desarrollándose con bastantes problemas, logrando, allá por 1900, ser el 38% de los vehículos que circulaban por Estados Unidos y un tercio de la totalidad de los automóviles anteriores a la primera guerra mundial eran eléctricos.

Apareció entonces la figura de Thomas Edison el cual predijo que los automóviles futuros usarían como fuente de alimentación la gasolina y no la electricidad, aunque no negó que más adelante la técnica revolucionase el almacenamiento de energía eléctrica en baterías y esta fuente se convirtiese en un sistema más barato de propulsión. A los pocos años de este comentario casi todos los vehículos comercializados estaban alimentados con gasolina.

Durante unos años la electricidad como fuente de propulsión dejó de tener un alto interés hasta que en la década de los 70, con la crisis del petróleo, la congestión del centro de las grandes ciudades y la contaminación asociada, se volviesen las miradas en busca de nuevos modos de desplazamiento.

Aparecen entonces leyes anticontaminación como la Californiana que poco a poco se extendió al resto de los estados de ese país.

1.1.2.- El Transporte Público. Planteamiento General.

1.1.2.1.- Transporte Público, Calidad de Vida y Movilidad: Un Planteamiento Global.

Se puede afirmar que el progreso ha estado ligado siempre al avance y extensión de la facilidad para desplazarse o para trasladar mercancías de un lugar a otro; porque esta facilidad para mover personas y cosas a través del espacio es una de las causas del progreso humano y un anhelo permanente del individuo.

El desarrollo del transporte, en cuanto que es comunicación y superación de obstáculos y fronteras, es una característica y una necesidad del mundo actual. El progreso técnico de los medios de transporte, y la construcción de infraestructuras para ello, han hecho que el hombre de hoy disponga de un horizonte territorial más amplio, de un mayor dominio del espacio y del entorno sobre el que desarrollar sus actividades.

Pensemos, por ejemplo, que desplazamientos de ida y vuelta en un mismo día a distancias de más de 200 km. por carretera, o a más de 500 km. en avión, son hoy tan habituales como impensables hace sólo 80 años. Y advertamos igualmente que la movilidad de los ciudadanos de la Comunidad Europea aumentó en los últimos 6 años en un 18%, pasando a significar un recorrido por habitante de 8000 a 9500 km. al año, y que durante esos mismos 6 años la longitud de las carreteras y ferrocarriles

pasó en la Comunidad de 2.7 millones de km. a 3 millones de km. En España esta movilidad aumentó en un 33% durante ese mismo período, pasando de 4500 a 6000 km. por habitante y por año.

Pero esta facilidad de transporte, y de desplazamiento individual y colectivo, ha tenido, por otro lado, consecuencias indeseables de carácter energético y medioambiental, agravadas por tres hechos: por haberse desarrollado los medios de transporte en base, casi exclusivamente, al uso de productos petrolíferos; por la tendencia de los asentamientos urbanos de concentrarse en grandes urbes,; y porque, afortunadamente, el desarrollo técnico y económico han hecho posible que la mayoría de los ciudadanos comunitarios dispongan hoy de coche propio con el consiguiente aumento de vehículos en circulación, sin que se hayan desarrollado paralelamente alternativas al mismo.

En España, por ejemplo, hay 12 millones de vehículos privados que utilizan el 15% de la energía total que consumen nuestro país, emitiendo anualmente a la atmósfera 6.7 millones de toneladas de CO₂, que representa el 13% del total de las emisiones de este gas en España.

El vehículo privado forma parte de la cultura de hoy, proporciona una gran libertad de movimientos, y su adquisición y uso representan un coste asumible para la mayoría de los ciudadanos de la Comunidad. Pero nuestras ciudades, y particularmente sus centros históricos, no fueron diseñadas o construidas para los

vehículos a motor, y mucho menos para la cantidad que circulan por las mismas con las consecuencias de deterioro de edificios, aglomeraciones, difícil acceso a sus núcleos centrales y, finalmente, el progresivo abandono de los mismos para el uso de viviendas o comercios con la consiguiente ineficacia de la actividad económica urbana y pérdida de la calidad de la vida ciudadana.

Se constata la tendencia en todos los países a concentrarse la población en torno a un reducido número de núcleos urbanos, produciendo un exceso de demanda de suelo frente a una oferta necesariamente limitada, que junto con la especulación urbana y la ausencia de planes directores de suficiente alcance han hecho que, por un lado, se produzca una carestía de la vivienda induciendo a muchos ciudadanos a vivir en núcleos cada vez más periféricos de las ciudades, dando lugar a las grandes urbes y megápolis con centros cada vez más inaccesibles y periferias poco autosuficientes y con escasa comunicación entre ellas. Es un hecho que diariamente miles de ciudadanos se tienen que desplazar desde la periferia al núcleo de la ciudad en sus coches particulares, produciendo las congestiones y aglomeraciones de vehículos en las horas punta para lo que cualquiera de las infraestructuras resulta insuficiente, y lo que es peor, para la que no existe muchas veces espacio disponible.

En el caso español casi el 20% de la población (7.7 millones de personas) vive en las 6 ciudades de más de medio millón de habitantes y el 42% de la población habita en la 54 ciudades que tenemos de más de cien mil habitantes, con la consecuencia de que por el conjunto de estas ciudades circulan casi tres millones de vehículos

privados, que puestos en fila supondría, aproximadamente, trazar un puente entre Madrid y Pekín.

A causa de ello la mitad del combustible que consumen los vehículos privados en nuestro país tiene lugar en desplazamiento urbanos, que en su cuarta parte son para recorrer distancias inferiores a los dos kilómetros.

La ciudad, y su entorno inmediato, soportan pues un exceso de tráfico que no estaba previsto y para el que no están preparadas. Es significativo, en este sentido, que en España, por ejemplo, mientras que en el entorno de 20 km. alrededor de las ciudades se encuentra sólo el 10% de las carreteras, este mismo entorno soporta más del 30% del tráfico total de vehículos.

Muchas de nuestras ciudades se encuentran en un estado de exceso en cuanto a su capacidad de producir calidad de vida ciudadana.

Así, la ciudad, ese sistema diferenciado de su entorno, que ha estado siempre fundamentado sobre la base energética que le ofrecía el territorio, devolviendo a sus ocupantes la energía consumida en otra forma más cualificada, corre el riesgo cierto de entrar en un proceso endogámico de autodestrucción por los resultados negativos que sobre ella misma está produciendo la propia actividad de sus ocupantes; particularmente en lo que se refiere a la movilidad y a sus consecuencias medioambientales, sin hablar, por estar fuera de este proyecto, de los sistemas de

confort de los edificios.

No obstante, la propia movilidad urbana es una característica imprescindible de la calidad de vida ciudadana, y en modo alguna podemos renunciar al ella. La cuestión se centra, por tanto, en cómo mantener y mejorar esta movilidad sin que se produzca el efecto contrario sobre esta calidad de vida.

Adviértase que en éste, como en otros muchos aspectos de la vida técnica y económica, por no decir en todos, calidad de vida, eficiencia económica y protección ambiental, van unidas al ahorro y a la eficiencia y diversificación energéticas. Mayor eficiencia energética en la movilidad significa menos contaminación urbana y más calidad de vida ciudadana.

En este sentido, apostar por el transporte público y por los planes directores para el desarrollo de nuestras ciudades son las soluciones más eficaces que se pueden arbitrar a corto y medio/largo plazo respectivamente.

Y es que en el modelo desarrollista de ciudad, tal como ha funcionado hasta hace sólo una década, con insuficiencia o, en la mayoría de los casos, ausencia de planes directores equilibrados y equilibrantes, ha dado como resultado, de acuerdo con su dinámica interna (máxima producción, especialización, consumo masivo, concentración de unidades) el tipo de ciudad que conocemos: denso, centralizado, fragmentado; con un centro congestionado en horas laborables y abandonado

después; y unas periferias residenciales alejadas de los puestos de trabajo y de los lugares de ocio que funcionan sobretodo como ciudades dormitorios.

El resultado espacial de ello es un asentamiento radiocéntrico que por acumulación sobre las vías arteriales se ha transformado en estrellado y con escasa comunicación entre los núcleos periféricos.

Las consecuencias energéticas de este modelo de ciudad no son agradables: excesiva necesidad de transporte y mayores costes energéticos de utilización de la ciudad, junto con la necesidad de sobredimensionar infraestructuras y su correspondiente efecto de deseconomía.

Parece imponerse, por tanto, la urgencia de Planes Directores que no sean meramente defensivos como los actuales Planes de Ordenación Urbana. El futuro desarrollo de la ciudad debe modelarse y configurarse hacia un modelo más práctico, flexible y habitable, con una previsión y proyección hacia el largo plazo y no solamente en un esquema de trinchera defensiva ante la especulación cotidiana del suelo.

Las decisiones urbanísticas, y las decisiones políticas administrativas al respecto, deben considerar que lo que hoy se decida va a tener consecuencias para varias generaciones futuras, y que, como hoy se puede constatar, la ciudad es muy vulnerable a los resultados de la propia actividad que en ella se desarrolla, y

particularmente, a las consecuencias energéticas y medioambientales de la movilidad.

Por tanto, dos cuestiones parecen claras: debe decidirse el futuro que queremos para la ciudad (lo espontáneo en este caso nos conduce al caos), y debe actuarse con sentido de anticipación inventando el porvenir.

Pero las ciudades que tenemos son como son, y aún siendo susceptibles de actuaciones parciales de remodelación, no podemos reconstruirlas, y debemos dar respuesta satisfactoria, tanto desde el punto de vista energético como medioambiental, a la demanda de movilidad urbana sin que ello represente la destrucción de la calidad de vida en su interior o en su entorno.

En este sentido, ya nadie duda que sólo el transporte colectivo (Transporte Público), junto con otras medidas complementarias, es la solución adecuada para dar respuesta a los problemas de movilidad urbana, tanto por eficacia como por calidad y economías energéticas y medioambiental: El transporte público necesita por viajero transportado 50 veces menos espacio urbano y consume 15 veces menos energía por término medio que el coche particular; y al mismo tiempo es susceptible de utilizar nuevas tecnologías y combustibles de difícil aplicación para el vehículo privado.

El transporte colectivo, que tuvo en sus orígenes como destinatarios a los grupos sociales que no podían acceder al vehículo privado, se revela, por la fuerza de los

hechos, como la solución más práctica, razonable e inteligente, para satisfacer la demanda de movilidad de los ciudadanos.

Pero, y aquí es donde a mi juicio está la clave de la cuestión, no se trata de tolerar el transporte público como un modo más de transporte. Se trata de priorizar y concebir el transporte público como la solución más accesible para dar respuesta a la cuestión de la eficiencia energética y medioambiental en la movilidad urbana haciéndola ésta posible y soportable para la propia ciudad.

Y no es suficiente con admitir o tolerar el transporte público porque los hechos están demostrando que los meros mecanismos de mercado reaccionan tardíamente y el tiempo transcurre en contra de la ciudad.

Esto significa que es necesaria una respuesta pública, por cuanto que es objetivo para beneficio de toda la colectividad, para que el transporte público adquiriera primacía respecto al vehículo privado.

Abordar con decisión una política de transporte público significa resolver o desarrollar algunas cuestiones por la que está condicionado, incluida, claro está, la de que su propia gestión, calidad y eficacia deben ser tales que por sí mismas hagan atractivo su uso por parte de los ciudadanos.

- Conseguir un sistema coordinado de transportes públicos, tanto a nivel urbano

como metropolitano.

- Dar prioridad sobre el vehículo privado en el uso de las infraestructuras existente, y en algunos casos crearla específicamente.
- Implicar a toda la colectividad en su financiación, pues todos los ciudadanos se benefician de sus positivas consecuencias y no sólo sus utilizadores directos.

Son algunas de las cuestiones que a nivel de las administraciones públicas deben resolverse.

- Utilizar vehículos más adecuados.
- Diversificar, en beneficio del medio ambiente, el combustible empleado.
- Mantener técnicamente de forma adecuada la flota de vehículos, consiguiendo el máximo rendimiento energético de éstos.

Son aspectos que corresponden a la gestión interna del sistema.

Adoptar un sistema adecuado al transporte público de gestión del tráfico urbano, e implantar sistemas de información para los usuarios son cuestiones que seguramente se pueden resolver adecuadamente desde las administraciones locales o regionales.

Para todo ello existe hoy tecnología y experiencias disponibles que pueden ser aprovechadas.

1.1.2.2.- Algunos datos sobre transporte y movilidad en España.

1.1.2.2.1.- Transporte, Energía y Medio Ambiente.

- Todos los tipos de transporte representan en España en 38% del consumo energético global, siendo el sector consumidor de más fuerte aumento en los últimos años.
- El transporte por carretera representa el 78% del consumo energético total del transporte.
- Los derivados del petróleo representan el 99% de la energía consumida en el transporte.
- El consumo energético en el ámbito urbano representa un 50% del consumo por carretera.
- El transporte público consume sólo un 2% del consumo energético por carretera. Pese a ello tiene una participación modal comparable al vehículo privado en cuanto a la movilidad urbana.

- En toda España hay 12 millones de coches privados y unos 7000 autobuses urbanos. En Madrid la proporción de autobuses a coches privados es de 1 a 1000.
- Si bien el número de viajeros transportados en vehículo privado y transporte público es similar (aproximadamente 1600 millones de viajeros por año).
- Tanto los medios puestos a disposición del vehículo privado, como el consumo energético y la contaminación medioambiental son muy superiores en el caso de vehículo privado.
- El consumo energético viajero/Km. es entre 3 y 10 veces superior en el vehículo privado que en un autobús dependiendo del grado de ocupación.
- El tráfico representa entre un 30% y un 50% de la contaminación atmosférica total de las ciudades. El transporte público tiene una incidencia inferior al 1% en la contaminación por tráfico. Sólo en la contaminación por partículas y en las grandes ciudades es significativa la tasa que corresponde al transporte público en la contaminación total.

1.1.2.2.2.- El Transporte Público Urbano de Superficie en España.

- 190 empresas para 22 millones de población.
- Estructura administrativa de explotación de transporte público:
 - Empresas municipales.
 - Concesiones administrativas.
 - Gestión interesada.
- Las empresas son por lo general privadas en las ciudades pequeñas y municipales en las ciudades grandes (mayores de 500000 habitantes).
- Datos básicos:
 - Viajeros anuales: 1651 millones. Han descendidos en los últimos años.
 - Velocidad comercial: 12.7 km/h. Ha descendido.
 - Número de autobuses: 7200. Ha descendido.
 - Antigüedad media de los autobuses: 10 años en privados y 6 en los municipales. Prácticamente constante.
 - Los índices de productividad (viajeros/empleados, km. recorridos/empleados, viajeros/conductos, km. recorrido/autobús) son superiores en empresas privadas.

- El coste de combustible es de un 10% de los costes totales de explotación.
- El coste medio por viajero es de unas 60 ptas.
- Los billetes cubren un 65% de los ingresos totales del transporte público en ciudades. El 8% de los ingresos se debe a la publicidad y el 27% a las distintas formas de subvenciones (Estado y municipio).
- El volumen de negocios de todo el transporte público de superficie en las ciudades está en torno a los cien mil millones de pesetas.

1.1.2.2.3.- La Movilidad en las Ciudades Españolas.

- En los últimos 6 ó 7 años se ha producido un aumento de viajes que va del 9% en Sevilla y Madrid al 20% en Valencia.
- Los viajes motorizados por persona y día están entre 1 y 1.5 referidos a las grandes ciudades.
- La movilidad total es similar en todas las ciudades y está comprendida entre 2.1 y 2.9 viajes por persona y día, la movilidad motorizada aumenta con el tamaño de la

ciudad. La movilidad total no está directamente relacionada con el tamaño de la ciudad.

- La participación del vehículo privado ha aumentado en lo referente a la movilidad motorizada. Supera en todos los casos el 40%.
- La participación del vehículo privado en la movilidad total de las grandes ciudades está en torno al 25%. La participación del autobús está en torno al 20%.
- La mayoría de los viajes (aprox. 60%) tiene una duración inferior a 15 minutos.
- La mayor utilización del vehículo privado es en viajes de duración inferior a 15 minutos.
- El tiempo de viajes más común en autobús es en la franja de 16 a 30 minutos.
- La utilización del transporte público frente al privado es mayor donde la calidad del servicio (km. de red, velocidad comercial, nº de autobuses, km. recorridos) es mejor.
- En las ciudades urbanísticamente avanzadas aumenta enormemente la participación de andar en la movilidad total. Vitoria es la ciudad española de

máxima participación del andar en la movilidad total (66%).

- Causas del aumento de la movilidad:
 - Terciarización de los centros históricos.
 - Aumento de las urbanizaciones en el extrarradio.
 - Aumento de la población urbana.
 - Aumento del nivel de vida global.
 - Fuerte aumento de las actividades de ocio (la movilidad por motivo del ocio supera a la de compras y es próxima a la del trabajo).
- Importancia de la movilidad por motivos de estudios.

1.1.2.3.- Gestión del tráfico. Medidas encaminadas a agilizar la movilidad.

1.1.2.3.1.- La competencia entre el transporte público y el privado. Hacia un nuevo modelo de movilidad.

El debate de movilidad versus accesibilidad está ya planteado desde hace años. Las últimas décadas, de los sesenta, setenta y ochenta, marcaron unas estrategias con actuaciones que maximizaron la capacidad de movimientos motorizados; pero ya desde los ochenta , se ha observado que la movilidad, por si misma, entraña partes

negativas y costosas: Consumo de energía y agotamiento de recursos, consumo de espacio público por aumento de tráfico, contaminación del aire, ruido, ...

Así, tradicionalmente se ha venido aplicando modelos que resolvían los problemas de movilidad en la ciudad a partir de nuevas infraestructuras para el tráfico privado. Ahora, se admite que aquella no es la única respuesta y que en ocasiones puede ser equivocada, ¿Por qué?

- Porque la comunidad aplica más recursos en construir viales que en la mejora de los transportes colectivos y otros equipamientos para el bienestar de las urbes.
- Porque el espacio viario y al público se lo ha ido apropiando el automóvil en detrimento de otros usos peatonales y de ocio, que conforman la propia esencia como lugar de convivencia e intercambio de la ciudad.
- Y porque se están soportando cada día más efectos desmedidos medioambientales del tráfico en forma de contaminación y ruido.

Las estrategias de planteamiento de hace cuarenta años se basaban en principios que ya han cambiado. Actualmente, las familias no son sustentadas por una sola persona y los trabajadores se han transformado; el lugar de trabajo está a mayor distancia y se ha desplazado del centro de la ciudad; la energía no es inagotable y han surgido serias preocupaciones medioambientales, y las infraestructuras viarias planificadas y ejecutadas se van comprobando continuamente insuficientes, ya que no acaban más

que a corto plazo con los atascos.

Así, la premisa de partida adoptada es que el sistema de transporte actual no proporciona los niveles de servicio que todos deseáramos, y además a largo plazo se puede entrever el daño económico y social que los medios ineficaces infringen a los individuos, a las actividades económicas y a la comunidad en general. Las causas del problema se atribuyen a la excesiva utilización del automóvil y al inadecuado funcionamiento del transporte público, pero hay que recordar que la raíz de esta problemática está fuertemente inducida por la actitud individualizada de los ciudadanos con respecto al transporte urbano, ya que el automóvil se ha convertido en algo insustituible por la flexibilidad y versatilidad que ofrece.

La solución es dirigirnos a un nuevo modelo que maximice la accesibilidad en vez de la movilidad, pero para ello tiene que definirse un marco conceptual adecuado, primero para analizar los problemas y después encontrar soluciones idóneas. Sus principios generales son: reducir las necesidades de viajes y sustituir movimiento físico por comunicación, disminuir el uso ineficaz de los coches y su impacto negativo, y proporcionar medios de transporte alternativos viables.

La adopción del nuevo modelo de planificación y gestión de los transportes en nuestras ciudades está justificándose paulatinamente cada día más. La Comisión de la Comunidades Europeas, en el *Libro verde sobre el transporte y el medio ambiente*, recoge una prognosis de incremento del parque automovilístico del 33%,

desde 1993 al año 2010, con lo que se alcanzarán los 167 millones de vehículos y 500 de cada 1000 habitantes tendrán su propio automóvil.

Resaltamos a continuación algunas de las argumentaciones básicas del nuevo modelo:

- Los desarrollos urbanos y el crecimiento del poder adquisitivo de los habitantes de las grandes ciudades, en los últimos años, no se han visto consecuentemente acompañados de mejoras en el medio ambiente urbano.
- Las fuertes demandas de movilidad y los incrementos de motorización se han traducido en una utilización masiva e indiscriminada del vehículo privado, por lo que el automóvil se está apropiando del espacio urbano para satisfacer sus necesidades de circulación y aparcamiento, lo que va en detrimento de la propia esencia de la ciudad.
- Los costes individuales del automóvil no son sólo de gasolina y aparcamiento, sino que llevan asociados los de la propiedad (amortizaciones, seguros, mantenimiento, etc.), los de seguridad (accidentes) y los de congestión (pérdida de tiempo).
- El coste que la colectividad soporte del sistema de transporte, derivado de la incidencia de todos sus elementos (red viaria, infraestructuras y

explotación de los transportes colectivos, medio ambientales, etc.), es cada vez más alto, e incluye a menudo un alto grado de derroche, por lo que es necesaria una gestión íntegra adecuada que optimice los recursos, minimizando los costes.

- En las pocas oportunidades que se ha realizado cuando se han valorado los costes sociales (polución atmosférica, ruido y accidentes), los resultados siempre han sido muy espectaculares, ya que los costes asociados han superado ampliamente a los costes privados.

1.1.2.3.2.- Las actuaciones de coexistencia. La gestión del tráfico. Medidas de agilización del transporte público.

Las ciudades europeas, como nuestras ciudades pero con cierta antelación, están sintiendo que la movilidad motorizada se contrapone con la accesibilidad en las urbes, especialmente en los barrios más céntricos, causando perjuicios a la eficacia económica y a la calidad de vida.

Las actuaciones llevadas a cabo en estas ciudades europeas son de distinta índole, pero tienen en común la coexistencia de tránsitos y están sustentadas en un intento de coherencia global de la políticas de desarrollo urbano, de transporte y de medio ambiente. Se fundamentan a corto plazo en una compatibilidad del tráfico con el

medio urbano, y a medio plazo en la transferencia modal. Así, tratan de inducir una mejor adaptación del comportamiento de los automovilistas al entorno, principalmente moderando la velocidad, y repartiendo el espacio vial y el público en beneficio de los modos alternativos y de las actividades de vecindario. Se trata en definitiva de ir desarrollando modelos de desplazamientos más eficaces y mejor adaptados al entorno urbano.

Las ciudades españolas también están asumiendo esta problemática: en algunas ya se han acometido actuaciones y en otras se está en fase de planificación; en particular, Barcelona a aprovechado su política de aparcamientos subterráneos para habilitar y establecer limitaciones al vehículo privado en espacios viarios y públicos tales como las avenidas Gaudí y Catedral, además de crear nuevas plazas y recuperaciones puntuales del viario para el peatón.

Entre las actuaciones más significativas cabe destacar:

El proyecto GAUDI. Pruebas piloto de Ciutat Vella y Poble Sec.

La incorporación de nuevas tecnologías para la gestión del tráfico, con la introducción de sistemas de regulación dinámicos cada vez más flexibles y con posibilidad de trabajar en tiempo real (ajustándose a la situación del tráfico en cada momento y aconsejando a los conductores antes y durante del viaje los itinerarios

más recomendables), permite conseguir día a día mejoras en el rendimiento de su utilización. En esta línea cabe señalar la participación de Barcelona en los programas Europeos de desarrollo de estas tecnologías a través de programas como el GAUDÍ (Generalized and Advanced Urban Debiting Innovations) en el marco del DRIVE-2 para la gestión urbana de la demanda.

Los objetivos de algunos de estos proyectos de colaboración Europeos son los siguientes:

- GAUDI (Generalized and Advanced Urban Debiting Innovations):
Desarrollo de una tarjeta inteligente para el transporte público, la gestión del aparcamiento y el acceso a determinadas zonas.
- CITIES: Aspectos avanzados de información al usuario, mediante comunicación a bordo del vehículo.
- LLAMD: Sistema de guiado de vehículos y su integración con el control del tráfico.
- POLIS 3: Integración entre control de tráfico privado y público y sistemas de información variable.

- SCOPE: Sistema integrado de control de transporte público.

El proyecto GAUDI es el que aporta posiblemente mayores novedades estratégicas y tecnológicas, dentro del campo de la gestión del transporte y del tráfico.

El elemento común de unión entre las cinco ciudades que forman parte del proyecto es la utilización de la tarjeta inteligente (con banda magnética y lectura de esta sin contacto físico, bien por micro-hondas o por infrarrojos). En particular Barcelona está interesada en los sistemas de control de accesos a zonas restringidas y su conexión con la gestión dinámica de las plazas de aparcamiento.

Como aplicación del control selectivo de la demanda se está estudiando una prueba piloto en la zona edl Distrito de Ciutat Vella. En esta zona está previsto controlar mediante dispositivos electrónicos todas las entradas. Los vecinos censados dispondrán de un TAG que les permitirá el acceso libre al interior, los vehículos comerciales dispondrán de otro tipo de TAG que les permitirá el acceso en horarios prefijados.

1.1.3.- Los Países desarrollado y los vehículos eléctricos.

1.1.3.1.- EE.UU.

El departamento de Energía patrocina el programa más importante y completo del mundo dirigido por la Administración en materia de investigación, desarrollo y demostración de los vehículos eléctricos.

El programa se proyecta sobre las baterías, los sistemas propulsores y las pilas de combustible, así como el ensayo de evaluación de los componentes.

En 1991, General Motors, Ford y el EPRI (Electric Power Research Institut), apoyados en un fondo de más de 100 millones de dólares, crearon una entidad llamada United States Advanced Consortium con objeto de poner a punto baterías eléctricas de tracción más capaces.

La ley Californiana.

Creada por la Oficina de Medio Ambiente de California, Air Resources Board (ARB), para poder controlar la elevada polución de la región más contaminada de los EE.UU.

Se puede resumir en las siguiente reglas, adaptadas como ley:

1.- El 10% de los vehículos vendidos entre 1994 y 1996 sólo deberán producir el de las emisiones nocivas de los vehículos vendidos en 1993. Esta cifra se aumentará en 1997 a un 25% y a partir del año 2003 a un 100%.

2.- El 2% de los vehículos nuevos vendidos hasta 1998 y el 10% hasta el año 2003 tienen que ser completamente libres de emisiones.

1.1.3.2.- Japón.

También en Julio de 1991 el Electric Vehicle Council dio a conocer su programa de introducción de vehículos eléctricos hasta el año 2000. El gobierno se compromete en un programa de desarrollo de baterías avanzadas y de pilas de combustible utilizables por vehículos eléctricos. Nuevos modelos de estos vehículos son estudiados por la compañías de electricidad y por la mayor parte de los constructores japoneses de automóviles. Para animar la adquisición y utilización de vehículos eléctricos, estos son sometidos a impuestos inferiores en su adquisición y a tasas anuales igualmente menores que los vehículos térmicos.

1.1.3.3.- Canadá.

En ausencia de constructores de automóviles con sede en Canadá, no existen programas especiales y las pocas demostraciones efectuadas sobre el terreno han sido desarrolladas por las compañías de electricidad. Las medidas gubernamentales son escasas, aunque las administraciones provinciales pueden acordar subvenciones para su utilización como lo hacen para los vehículos que funcionan a gas natural o a propano.

1.1.3.4.- Francia.

Existen apoyos financieros en la compra, gratuidad de la viñeta de circulación y aparcamiento gratuitos en ciudades como París. La empresa pública EDF (Electricité de France) y el Grupo PSA se comprometieron hace unos años al desarrollo y promoción de los vehículos eléctricos así como de la infraestructura imprescindible. Hoy existen en París unas 100 tomas eléctricas distribuidas por la ciudad a las cuales puede recurrir los conductores de vehículos eléctricos. Estos acuerdos contemplan también la formación de un servicio de mantenimiento imprescindibles para la difusión este tipo de vehículos. En el terreno de las baterías, la Saft comercializa baterías de níquel-cadmio que han sido puestas a punto en sustitución de las clásicas baterías de plomo. En cuanto a motores, un fabricante importante como Leroy-Somer participa en estos desarrollos.

Son más de 22 las ciudades piloto que han previsto equiparse en Francia de infraestructuras de recarga, entre las cuales La Rochelle y Tours cuentan con instalaciones en funcionamiento.

1.1.3.5.- Alemania.

El gobierno federal no alimenta ningún proyecto específico con objeto de promover la llegada de estos vehículos al mercado. Sin embargo, a nivel de los Länder o de los municipios, si se prevén subvenciones para la adquisición de los vehículos eléctricos.

Los constructores alemanes trabajan de manera independiente, algunos como BMW se han orientado por la baterías de sodio-b a alta temperatura.

Durante 12 años la subvenciones estuvieron canalizadas hacia el estudio de baterías Na/S por Asea Brown Boveri y ninguna otra actividad se beneficio de ellas.

En Hamburgo se están preparando los primeros autobuses que funcionarán con pila de combustible e hidrógeno, un carburante procedente de Canadá y Noruega, dos países que actualmente tiene una sobreproducción de hidrógeno y no saben a quien venderlo tras la caída del mercado de los materiales bélicos.

1.1.3.6.- Italia.

La agencia nacional para las nuevas tecnologías y el entorno (la ENEA), dirige un programa de estudio sobre el almacenamiento de la energía electroquímica. La compañía italiana de electricidad ENEL SpA desarrolló un proyecto, en cooperación con los fabricantes de baterías y los constructores de vehículos, para la puesta a punto de acumuladores fijos y móviles de energía eléctrica. Visto el número de ciudades italianas con problemas de contaminación atmosférica, la necesidad de impulsar los vehículos eléctricos es cada día más evidente.

1.1.3.7.- Suecia.

El Gobierno preveía a partir de 1993 dar un impulso a los trabajos de investigación y desarrollo de los vehículos eléctricos. La ciudad de Göteborg dio a conocer un programa por el cual el número de vehículos eléctricos en servicio sería llevado a 10.000 antes del año 2000.

1.1.3.8.- Suiza.

Existen numerosos pequeños constructores de vehículos eléctricos y el país puede presumir del mayor parque de éstos en Europa. La cifra se aproxima a uno por cada

1000 habitantes. La construcción y comercialización proviene de la iniciativa privada y el gobierno ha tenido una participación escasa.

1.1.3.9.- Reino Unido.

Si bien es cierto que los vehículos eléctricos de reparto forman parte desde hace tiempo del paisaje británico, el gobierno cesó de subvencionar su desarrollo a mediados de los 80. La Chloride Ltd. produce y comercializa motores, dispositivos de mando electrónico y baterías de plomo, así como una filial que trabaja sobre las baterías de sodio-azufre.

1.1.3.10.- Europa en general.

El Parlamento Europeo está interesado en fomentar los vehículos eléctricos y su intención es que en el 2002 puedan alcanzar una cuota de mercado del 7%. Con el fin de llegar a tal propósito creó un plan decenal de incentivación permitiendo que los usuarios de estos vehículos recibiesen subvenciones en la compra, viesen disminuida la cantidad a pagar por impuestos referentes al automóvil, etc.

El plan prevé al mismo tiempo incentivar el desarrollo y la investigación, especialmente referente a fábricas y componentes en el campo de los motores, las

baterías, las pilas de combustible y las redes de electricidad.

1.1.4.- El Problema Energético y la Contaminación.

Pese a que se lleva investigando prácticamente desde que se inventó el automóvil, todavía no existe una energía alternativa eficaz a las derivadas del petróleo. Unas son caras o peligrosas, algunas -pocas- solucionan parcialmente el problema de la contaminación y otras son irrealizables.

El petróleo se agota. Aunque esta afirmación es una constante en las últimas décadas de la que muy poca gente duda, los expertos no coinciden en determinar una fecha concreta. Algunos hablan de 70 años, otros suben el listón por encima de los 100 , muy pocos, creen que no se agotará, afirmación que posiblemente tenga su origen en los grandes magnates del petróleo para seguir acumulando riquezas. Sea como fuere, lo cierto es que, independientemente del tiempo que duren las reservas, existe una necesidad vital por respirar un aire más limpio y dejar a las siguientes generaciones un planeta más saludable.

Sin duda, el automóvil es una de las fuentes de contaminación más importante, aunque no la única. Existen otras industrias y sectores que contaminan aún más pero, en cambio, realizan menos esfuerzos -o al menos se notan menos- por paliar esta situación. Los sectores químico, textil o papelerero son claros ejemplos de ello.

La combustión que se produce en el motor de un automóvil genera productos nocivos para la atmósfera. Gracias a los avances logrados tanto en vehículos como

en gasolinas se han reducido las emisiones individuales, aunque al circular más coches y de manera más intensiva -sobre todo en núcleos urbanos, se han incrementado tanto el consumo energético como la emisión total de productos contaminantes. En la figura 1.4.1. podemos ver los porcentajes sobre el total de cada uno de los mismos con origen en los automóviles.

EMISIÓN	ORIGEN	EFECTO	PARTICIPACIÓN DEL TRANSPORTE EN EL TOTAL DE LAS EMISIONES	
			MEDIO URBANO	TOTAL NACIONAL
CO ₂	Producto de la Combustión	Calentamiento de la atmósfera	40%	31%
CO	Combustión incompleta	Tóxico	80%	80%
HC	Combustión incompleta	Cancerígeno	50%	45%
NO _x	Combustión	Lluvia ácida	60%	50%
PLOMO	Calidad del combustible	Tóxico	100%	70%
AZUFRE	Calidad del combustible	Lluvia ácida	10%	6%

figura 1.4.1. Porcentaje de productos contaminantes emitidos por el automóvil sobre el total nacional.

A pesar de este cuadro no hay que ser pesimistas, pues el sector del automóvil está realizando un gran esfuerzo económico para paliar esta situación. Así, desde que se introdujo el catalizador y se pusieron en marcha sistemas de control de la calidad del aire, las tasas de contaminación han disminuido sensiblemente. Esta disminución se ha visto favorecida, además, por los progresos de los fabricantes para lograr vehículos mejores y más limpios. En 35 años, la cantidad de azufre en el aire se ha dividido por diez y la densidad de humo negro pasó de 110 a 21 mg. por metro cúbico; desde 1970 las emisiones de hidrocarburos por vehículo y año se han

dividido por seis; en 15 años la cantidad de óxido de carbono se ha dividido por tres; el porcentaje de óxido de nitrógeno no ha variado pero se prevé que lo hará gracias a la generalización del catalizador, elemento que posiblemente se extienda a la totalidad del parque automovilístico español hacia el año 2010.

Todo esto conduce a los investigadores a una duda razonable sobre si hay que continuar investigando en nuevas tecnologías en el campo del petróleo o hay que profundizar en energías alternativas a éste. La solución, lógicamente, es una mezcla de ambas. Por un lado, parece que el camino más realista a seguir en los próximos años será el de conseguir motores más limpios (Diesel mejores, mecánicas de mezcla pobre, de 2 tiempos, sistemas de inyección más eficaces, etc.), aún a costa de prescindir de valores de potencia elevados; todo esto sin renunciar al desarrollo de otros tipos de energía como la que procede de la electricidad, el hidrógeno, alcoholes o ciertos gases.

Pese a todo esto no hay que limitar el concepto de compatibilidad ecológica a menor contaminación del aire, es decir, tener menos emisiones de los productos contaminantes ya citados. Hay que extenderlo a seleccionar adecuadamente los materiales y tener en cuenta las posibilidades de reciclado después del uso, sin olvidar el problema de los ruidos.

1.1.4.1.- Impacto Energético.

A principios de los años 80, el interés por los vehículos eléctricos tenía por objeto economizar petróleo. Posteriormente, las preocupaciones originadas por la contaminación atmosférica urbana ha reavivado el interés sobre los vehículos eléctricos. Éstos son vistos como medio de reducir las emisiones contaminantes originadas por la circulación.

Los V.E. no producen emisiones, sin embargo, las centrales eléctricas que los alimentan son una fuente indudable de contaminación. Por ello es necesario comparar las emisiones de los vehículos térmicos con las generadas por las centrales de energía eléctrica.

El estudio de la Agence Internationale de l'Energie, analiza las centrales a carbón, fuel y gas natural con objeto de deducir al impacto de la sustitución de vehículos térmicos por eléctricos. La energía nuclear no está considerada.

Los futuros vehículos a gasolina serán sin duda más económicos en carburante. En 1991, la AIE preveía para estos vehículos que el año 2000 tendrían rendimientos energéticos de 13 a 16 km/litro en los países de la OCDE y para los vehículos utilitarios un 72 % inferior.

El consumo de los vehículos eléctricos en kWh/km. está originado por el cargador, la

batería, la electrónica de control y la transmisión. Wang y Deluchi en 1992 pusieron a punto un modelo para predecir el consumo de los vehículos eléctricos. Es necesario también establecer aquí dos hipótesis sobre su evolución: con baterías a escasa evolución y con baterías a alto rendimiento.

Los resultados de este modelo daban para los vehículos eléctricos del año 2000 un consumo de 0.4 kWh/km. en el caso de escasa evolución y de 0.25 kWh/km. con baterías de alto rendimiento.

El consumo de energía de los vehículos eléctricos se deduce según el origen de la central (carbón, gas, fuel). Para los vehículos a gasolina, se hace el cálculo por el consumo primario de petróleo. Para que el estudio tenga un alcance global, es preciso estimar los rendimientos energéticos que intervienen desde la extracción del crudo, carbón o gas, el transporte respectivo, el refinado y el transporte de la gasolina o gasoil. Así mismo, el estudio de Wang y Deluchi se apoya en unos rendimientos eléctricos por país y por tipo de central (carbón, gas o fuel).

Sobre la base de esas hipótesis, el estudio muestra las variaciones de consumo de energía en distintos países, siendo favorable a la utilización de vehículos eléctricos cuando se prevé disponer de baterías de alto rendimiento y, por contra, escasa evolución de los motores térmicos. El estudio obliga a fijar esta economía de energía entre un 20% y un 40% de ahorro para todos los países (Canadá, Francia, Alemania, Japón, Reino Unido y EE.UU.) excepto Suecia, donde la utilización de los vehículos

eléctricos haría aumentar el consumo de energía más de un 10% sobre todo por los bajos rendimientos de sus centrales (19% más para las de carbón, 20% para las de gas natural y 24% para las de fuel) frente a valores como Japón que para el carbón es de 41%, gas natural 41% y gasoil 42%. En la hipótesis contraria y desfavorable para los vehículos eléctricos (escasa evolución y fuerte mejora de los vehículos térmicos), su utilización haría aumentar el consumo de energía en todos los países, siendo más importante en Suecia.

1.1.4.2.- Impacto Ambiental.

Los estudios realizados en numerosos países demuestran que los vehículos eléctricos presentan unos valores de emisión de hidrocarburos y monóxido de carbono muy inferiores a los vehículos clásicos, por ello es fácil pensar que los vehículos eléctricos contribuirán a la reducción de la contaminación en las zonas urbanas. La contaminación global dependerá, no obstante, de la forma en que la electricidad se genere.

Los resultados que puedan obtenerse en la comparación de las emisiones de NO_x , SO_x y CO_2 , dependen de la hipótesis que es necesario establecer en función del desarrollo fuerte-escaso de las baterías de tracción, y asimismo del desarrollo fuerte-escaso de los motores térmicos actuales, así como los porcentajes que de cada combustible se usen en los diversos países para generar electricidad.

También los NO_x y SO_x se ven afectados por los equipamientos de las centrales para reducir su emisión.

Aplicado el caso japonés (condiciones de producción de energía y normas de emisión), resulta que los vehículos eléctricos aportarán menos NO_x y CO_2 pero mayor cantidad de SO_x que los vehículos de combustión interna.

En aquellos países cuyas centrales utilicen preferentemente combustibles fósiles o donde las medidas de reducción de emisiones no sean rigurosas, la contaminación por estos tres tipos de gases podría aumentar con los vehículos eléctricos, mientras que en aquellos que usen de preferencia centrales hidráulicas, nucleares o energías renovables, los vehículos eléctricos podrían aportar una reducción intensa de las emisiones.

1.1.4.3.- Emisiones de los Vehículos de Gasolina.

Los Vehículos de gasolina, como las centrales térmicas, emiten hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x), partículas, dióxido de carbono (CO_2) y poluentes atmosféricos tóxicos como benceno, el formaldehído, 1,3-butadieno, etano y acetaldeído.

A continuación se comparan las emisiones poluentes por kilómetro recorrido, por un lado de los vehículos gasolina y por otro de las centrales.

En los 8 países que se comparan, las emisiones atmosféricas están reglamentadas.

- Canadá y Suecia utilizan las normas actuales de los EE.UU. para los coches particulares.
- En Japón las normas son análogas a las de EE.UU.
- Alemania ha propuesto normas tan rigurosas como las de EE.UU. y los otros tres, Francia, Italia y Reino Unido, aplican las normas de la Comunidad Europea (CE), menos estrictas que las de los EE.UU.

El estudio siguiente supone que los vehículos de gasolina del año 2000 vendidos en Alemania, Canadá, EE.UU., Japón y Suecia aplicarán normas en vigor del año 2000 de EE.UU., mientras que los vendidos en Francia, Italia y Reino Unido estarán sometidos a las normas CE de ese mismo año (2000).

Normas (gramo/km.)				
	HC	CO	NO _x	PIASES
EE.UU. Nivel 1 ^a	0.16	2.1	0.21	EE.UU., Canadá, Suecia, Japón
Proposición CE ^b	0.25 ^c	2.2	0.25	Francia, Italia, Reino Unido

^a: Congreso de los EE.UU. (1991).

^b: Concawa (1992).

^c: La CE propone 0.5 gr./km. para el total HC y NO_x. La norma se divide aquí en partes iguales para HC y el NO_x.

figura 1.4.2. Normas de emisión para vehículos a gasolina en diferentes países.

Actualmente, el contenido máximo de azufre en la gasolina está reglamentado en Alemania, Francia, Italia y Suiza a 0.1%. En el Reino Unido a 0.2%. Se admite que en el 2005 esta proporción será reducida a la mitad en los 5 países y se supone que Canadá y Japón tendrán los mismos porcentajes que EE.UU.

País	Contenido en azufre	Veh. Gasolina: Emisiones (g/Km) ^a		Vehs. gasolina: Partículas (g/km) ^b	
	(% del peso)	Rendimiento energético		Rendimiento Energético.	
		Débil	Elevado	Débil	Elevado
Canadá	0.005	0.0081	0.0061	0.007	0.005
Francia	0.05	0.0808	0.0615	0.07	0.05
Alemania	0.05	0.0808	0.0615	0.07	0.05
Italia	0.05	0.0808	0.0615	0.07	0.05
Japón	0.005	0.0081	0.0061	0.007	0.005
Suecia	0.05	0.08080	0.0615	0.07	0.05
Reino Unido	0.1	0.1616	0.1234	0.142	0.107
EE.UU.	0.005	0.0081	0.0061	0.007	0.005

(*)

(**)

^a: Las emisiones de SO_x de los vehículos a gasolina son calculadas según la fórmula:

$$\left[739(g / \text{litro}) \times \%S \times (64 / 32) \right] \times \text{Rendimiento}(km / \text{litro})$$

donde 739 es la densidad supuesta de la gasolina, 5% el contenido de azufre y 64 el peso molecular del SO₂ y 32 el del azufre.

^b: Las emisiones de partículas de los vehículos a gasolina están calculadas suponiéndolas proporcionales al contenido de azufre de la gasolina e inversamente proporcionales al rendimiento energético. El nivel de referencia de 0.006 g/km. corresponde a un contenido en azufre de la gasolina de 0.005 % y a un rendimiento de 10.6 km/litro, valor medio de rendimiento energético de los utilitarios ligeros de 1991 vendidos en los EE.UU.

figura 1.4.3. Contenido de azufre en la gasolina y tasas de emisiones calculadas para SO_x y partículas.

1.1.4.4.- Emisiones de las centrales eléctricas.

La tabla adjunta presenta la tasa de emisión de las centrales eléctricas de cada país y corresponde a las normas aplicables en cada país.

País	Central a carbón		Central a gas natural		Central a fuel	
	NO _x	SO _x	NO _x	SO _x	NO _x	SO _x
Canadá	2.7062	2.7062	0.7445	0.0030	1.2075	2.4151
Francia	3.0511	1.8477	0.7132	0.0024	2.0061	1.7878
Alemania	0.9421	1.8371	0.3263	0.0038	0.4936	1.3062
Italia	2.8626	1.7335	1.0383	0.0035	1.6984	1.5136
Japón	1.5484	0.8309	0.3031	0.0031	0.8555	0.6918
Suecia	0.9824	3.1928	0.9289	0.0063	0.7801	0.4551
Reino Unido	3.0949	3.7485	1.4823	0.0050	1.8801	1.6756
EE.UU.	2.8084	2.8084	0.9155	0.0038	1.3539	3.6104

(*)

figura 1.4.4. Tasas de emisión de las centrales de cada país (grs/kWh producido)

La tabla que se detalla a continuación, muestra un impacto sobre las emisiones por km. del reemplazamiento de los vehículos a gasolina por eléctricos. Los cambios son presentados en porcentajes y en dos escenarios: Vehículos térmicos a rendimiento energético elevado y vehículo eléctrico a bajo rendimiento (12 km/litro y 0.40 kWh/km) y por otra parte a vehículos térmicos a bajo rendimiento y vehículo eléctrico a alto rendimiento (9 km/litro y 0.25 kWh/km).

km/l; kWh/km	CO ₂		CO		NO _x		SO _x		Partículas	
	12;0.4	9;0.25	12;0.4	9;0.25	12;0.4	9;0.25	12;0.4	9;0.25	12;0.4	9;0.25
Canadá	-99.4	-99.6	-99.5	-99.7	-39.2	-64.2	166.2	24.6	30.4	-38.9
Francia	-99.8	-99.9	-99.7	-99.8	-65.5	-79.7	-50.7	-6.9	-86.9	-93.9
Alemania	-97.9	-98.7	-97.9	-98.7	-26.7	-56.8	219.4	49.5	-15.3	-60.4
Italia	-98.6	-99.1	-97.8	-98.6	100.1	18.0	181.5	31.7	-23.6	-64.3
Japón	-98.8	-99.3	-98.7	-99.2	-40.6	-65.0	41.2	-33.9	103.5	-4.7
Suecia	-99.6	-99.8	-99.6	-99.7	-90.2	-94.2	-82.4	-91.8	-87.4	-94.1
Reino Unido	-98.4	-99.0	-97.0	-98.2	162.4	54.7	276.8	76.4	-54.4	-78.7
EE.UU.	-97.9	-98.7	-98.0	-98.7	106.1	20.4	762.9	303.9	167.6	25.3

(*)

figura 1.4.5. Porcentaje de variaciones de emisiones en g/km por adopción de los V.E.

NOTA: El porcentaje de variación es igual a: $\left(1 - \frac{g / km_{emitido_por_VE}}{g / km_{emitido_por_termicos}}\right) \times 100$. Los gramos emitidos en

km. por el vehículo a gasolina son aquí la suma de los g/km. de emisiones de escape, emisiones por vaporización y emisiones en refinerías. Las emisiones en g/km imputadas a los V.E. son el producto de gramos liberados por las centrales por kWh entregado para el consumo de los V.E. expresado en kWh/km.

En todos los países la utilización de vehículos eléctricos suprimirá las emisiones de HC y de CO, independientemente de los combustibles utilizados y del redimiendo de los vehículos y de las centrales.

Las emisiones de NO_x podrán aumentar o disminuir según los combustibles utilizados en las centrales, las normas de emisión para vehículos y centrales y el rendimiento de las centrales y vehículos.

El análisis de la tabla sugiere, no obstante, que los vehículos eléctricos serían

susceptibles de ocasionar una disminución de las emisiones de NO_x , en la mayor parte de los países. Los vehículos eléctricos podrán ocasionar una reducción sensible de la contaminación local y lo que es aún más importante, reducir la exposición a esta contaminación puesto que en lugar de expulsarlo en las calles al nivel del suelo, las emisiones lo serían en lo alto de chimeneas aisladas.

La utilización de los vehículos eléctricos hará ciertamente aumentar las emisiones de SO_x , salvo en los países cuyas centrales quemen poco o ningún carbón, por ejemplo Francia o Suecia, o donde el redimiendo y las medidas reglamentarias de SO_x son tan estrictas como en Japón.

Por otra parte, los resultados de la modelización muestran que en la mayoría de los países la introducción de los vehículos eléctricos será acompañada de una reducción de emisión de partículas.

(*) Tablas de la "Agence Internationale de l'Energie".

(**) En España, desde el 1/7/96, el contenido máximo de azufre está alineado con los países de la CEE, esto es, $\leq 0.05\%$ y contemplado por la legislación.

1.1.5.- Solución al problema: Fomentar los vehículos de transporte colectivo.

Vemos que nos encontramos con muchos problemas a la hora de diseñar un vehículo de transporte para el futuro. Éste ha de ser tal que ofrezca el mejor compromiso posible entre niveles de contaminación, acústica y medioambiental, niveles de comodidad para el usuario y prestaciones suficientes para el trabajo al que será destinado.

Estudiando todo esto llegamos a la conclusión de que la mejor forma de solucionar los problemas de transporte en el futuro es fomentar el transporte público, ya que con él podemos:

- 1.- Reducir las emisiones contaminantes: un mismo vehículo puede transportar a muchas personas y consumiría mucho menos que el conjunto de coches privados necesarios para transportar a los mismos pasajeros.
- 2.- Solucionar los problemas de incomodidad debidos a la recarga de combustible o energía necesaria para el movimiento, ya que los usuarios no se tendrían que preocupar por esta operación, ya que realizaría en unos lugares especialmente diseñados para ello.

3.- Conseguir un buen compromiso entre consumo y prestaciones ya que estos vehículos necesitan unos motores con elevada fuerza más que con velocidad punta en si.

Dentro del transporte público nos centraremos en el urbano que creemos que es el que está menos desarrollado, y dejaremos a un lado el transporte por carreteras, aunque muchas de las soluciones que aquí daremos puedan aplicarse a este tipo de transporte.

No es difícil adivinar que el desarrollo actual de las ciudades tiende a congregarse a la mayoría de su población en un denso núcleo urbano sometido a una fuerte contaminación química y acústica, rodeada por aglomeraciones satélites de menor densidad que exigen, cada vez más, soluciones para sus transportes públicos, que se complementen entre sí y que sean ecológicos en la mayor medida de lo posible.

Las premisas de partida para lograrlo incluirían a las anteriores y además buscaríamos:

- a) Adaptación al volumen de pasajeros a transportar por hora y sentido.
- b) Adaptación a las condiciones urbanísticas concretas de cada ciudad y zona.
- c) Inversiones mínimas para resultados óptimos.

d) Máxima comodidad para los viajeros, incluidas las personas con movilidad reducida, mediante vehículos de plataforma baja.

El resultado de la optimización de medios de transporte puede ser una combinación de nuestro autobús urbano y el metropolitano.

Como es conocido, el metropolitano resulta insustituible en núcleos urbanos densamente poblados, que exijan una capacidad de transporte a partir de unos 10.000 pasajeros por hora y sentido. En cuanto a los autobuses podríamos distinguir entre dos tipos, los de línea de contacto o tranvías y los autobuses urbanos tal y como los conocemos hoy en día.

El transporte público no se entendería sin el uso de los autobuses urbanos. Es un medio de transporte ideal para capacidades comprendidas en el entorno de los 2.000 pasajeros por hora y sentido, puede circular sin dificultades por la más enrevesada geografía urbana y requiere inversiones inferiores a las del metropolitano y el tranvía. En su contra pesa su menor vida de servicio y la contaminación química y acústica causada por los tradicionales sistemas de propulsión.

Estos problemas son conocidos por todos los fabricantes, tanto de autobuses como de componentes, y por ello se están estudiando sistemas alternativos de propulsión que resuelvan los problemas de contaminación o los reduzcan al mínimo.

1.1.5.1.- Tranvías.

Este tipo de vehículo se utiliza ventajosamente a partir de 3.000/4.000 pasajeros por hora y sentido en zonas urbanas que resulte apropiadas para su circulación (radios mínimos de unos 15 metros, con longitud total del tranvía de unos 25 y 30 metros). Su consumo eléctrico, de unos 100 kw/h en 100 km. (con velocidad media de 20 km./h), equivalente a unos 10 litros de combustible a los 100 km. (como en el caso de tranvía de Valencia) lo hace irrelevante, y además tampoco contribuye a la contaminación del ambiente. Con las modernas vías, alojadas en elastómero y anillos de goma alojadas entre cubo y llanta de las ruedas, se logra una circulación muy silenciosa. Por otra parte, los modernos sistemas de frenado permiten deceleraciones similares a los autobuses.

1.1.5.2.- Autobús Diesel-Eléctrico.

Funciona con un motor diesel permanentemente en marcha. La energía mecánica se transforma en eléctrica mediante un alternador directamente acoplado al diesel, el cual, a su vez, alimenta al motor eléctrico de tracción a través de un convertidor electrónico.

El citado convertidor, controlado mediante microprocesadores, adapta de forma continua la tensión e intensidad para lograr el par motriz necesario en cada momento.

El inconveniente, de una doble transformación de energía queda paliado por lo menor potencia específica del motor diesel necesaria para lograr iguales prestaciones dinámicas que con tracción diesel directa. Ello es debido, a que el diesel trabaja siempre en el régimen de mínimo consumo y rendimiento máximo, independientemente de la velocidad del autobús. Es decir que se dispone del par motor máximo desde velocidad cero hasta la velocidad estipulada (curva característica con par constante, seguida de curva a potencia constante).

Este sistema permite también recuperar parte de la energía de frenado, ya que al trabajar los motores como generadores durante el mismo, la citada energía puede utilizarse para recargar la batería auxiliar, para la calefacción y para el aire acondicionado. El frenado regenerativo combinado con el reostático, contribuye al ahorro de zapatas y discos del freno mecánico.

Otro aspecto a considerar es la mejor conservación de los motores diesel, porque trabajar siempre en régimen de rendimiento óptimo se ensucian menos pueden reducirse los costes de mantenimiento.

En cuanto a la distribución de componentes se aprecia una significativa ventaja para

los fabricantes de autobuses. El motor diesel, sin necesidad de cambio de marchas, pero con el alternador de reducido tamaño acoplado directamente, puede montarse en la parte posterior del vehículo en posición transversal. La tracción eléctrica se confía a dos motores eléctricos asíncronos con rotor de jaula, que pueden accionar independientemente a cada rueda o a las dos, acoplando mecánicamente los dos motores en paralelo. El resto de los componentes tales como el convertidor electrónico, regulador por microprocesadores, etc. todos de reducido tamaño, se distribuyen especialmente sin dificultad, permitiendo lograr un autobús de piso bajo en toda su superficie incluida la zona de ejes.

1.1.5.3.- Autobús con Baterías.

A nivel teórico es la solución definitiva para el tráfico urbano, pues su nivel de emisiones en el punto de utilización es nula (ZEV). No así en el balance global, en la zona de generación de energía.

Este sistema toma la energía de baterías convencionales, dispuestas normalmente en un pequeño remolque. La energía de las baterías, dimensionadas para cubrir las necesidades diarias, alimentan al motor o motores eléctricos de tracción a través de un convertidor electrónico de potencia.

El resto de los componentes es similar al de los autobuses diesel-eléctricos y su

utilización puede ser muy atractiva cuando las compañías distribuidoras contribuyen con precios reducidos en el consumo de energía eléctrica y cuando se implanten los sistemas eléctricos en ejecución industrial y fabricación en grandes series.

El principal problema actual es que la tecnología de baterías existente permite una capacidad de almacenamiento de energía muy limitado, y por tanto autonomías de funcionamiento pequeñas. Para aumentar dicha autonomía es necesario poner más baterías, cuyo peso hace inviable la solución.

1.1.5.4.- Biodiesel

Este tipo de combustible es de origen agrícola (colza o girasol, principalmente) y se puede utilizar en motores de gasóleo sin necesidad de realizar importantes modificaciones. Hay marcas como Volkswagen, que ofrecen modelos capaces de funcionar con este combustible; bien solo, bien mezclado con gasóleo. La adaptación de un motor Diesel normal a Biodiesel es sencilla: se sustituyen las juntas de la bomba de inyección y el filtro de combustible, los manguitos y el sensor de llenado del depósito de combustible por elementos de goma natural que impiden que el disolvente del biodiesel los desgaste.

El biodiesel es un combustible limpio; no emite dióxido de carbono, lo que reduce el efecto invernadero, ni tampoco dióxido de azufre, y disminuye el resto de valores (hidrocarburos, monóxido de carbono y partículas) salvo los óxidos de nitrógeno,

que aumentan debido al uso de herbicidas, pesticidas y abono en la producción de este biocombustible.

En Alemania ya existen gasolineras que lo venden, aunque el precio del litro es todavía superior al de la gasolina, debido al elevado coste que precisa su producción. Como todo combustible de origen agrícola, para su obtención se necesitan grandes extensiones de cultivo. En la actualidad todo el biodiesel que puede producir Alemania, sólo abastecería a un 5 por ciento de su parque.

1.1.5.5.- El Alcohol

Tiene como principal ventaja su abundancia, pues se obtiene de la fermentación de plantas de cultivo tan extendidas como la caña de azúcar, la remolacha y otras. El índice de octano es mayor que el de la gasolina, lo que permite trabajar con relaciones de compresión elevadas y, así, aumentar el rendimiento del motor.

En su contra, el alcohol ataca a materiales como metales, polímeros y caucho, por lo que le motor necesita una serie de modificaciones además de un aceite protector especial. Los arranques en frío se hacen difíciles y, a baja temperatura, la combustión del alcohol genera ácidos perjudiciales para el motor y la atmósfera. También produce menos energía que la gasolina (un 80 por ciento menos, aproximadamente), por lo cual requiere depósitos mayores que incrementan el peso

del vehículo. Además, el precio del alcohol es superior al de los derivados de los combustibles fósiles, pues requiere de una elevada cantidad de productos agrícolas.

1.1.5.6.- Gas Natural Comprimido (GNC).

Se extrae de la tierra y está compuesto principalmente por metano. Puede almacenarse en estado gaseoso a 200 bares de presión o en estado líquido a -175 grados centígrados. Como ventaja, el GNC reduce a la mitad la emisión de monóxido de carbono.

Aunque no requiere modificaciones profundas en el motor, si precisa de un ajuste del encendido al carburante. Por otro lado, el menor llenado de los cilindros y los valores calóricos específicos del gas natural, inferiores a los de la gasolina, hacen que la potencia sea inferior en un 15 por ciento. Pese a esto, el alto índice de octano de este gas permite un ajuste óptimo del encendido del motor y un funcionamiento perfecto. Al arrancar en frío, el gas no necesita procedimientos de enriquecimiento, y su velocidad de combustión es un 10 por ciento inferior.

Por lo tanto, usando motores adaptados para ello, y con la incorporación de catalizador en el escape, ofrece niveles de prestaciones muy similares a los vehículos de gasolina o diesel, con niveles de emisiones radicalmente más bajos.

Por ser combustible gaseoso, se eliminan por completo los humos negros y partículas sólidas en el escape. El resto de contaminantes, especialmente los NO_x , se reducen más o menos en función de la tecnología de motor elegida. Con la llamada tecnología de mezcla pobre (lean burn), la reducción obtenida de emisiones alcanza el 50% respecto al mejor diesel actual.

Con la tecnología de mezcla estequiométrica las reducciones de emisiones contaminantes alcanzan hasta el 90% respecto al diesel actual, pasando a ser vehículos de Nivel de Emisiones Ultrabajo (ULEV).

La autonomía que proporciona el GNC es escasa: 60 litros a 200 bares de presión equivalen sólo a 13 litros de gasolina, por lo que únicamente puede ser válido para aplicaciones que requieran poco autonomía, por ejemplo los autobuses urbanos.

El peligro de explosión que acarrea el transporte de este combustible, además de su elevado coste, y los grandes depósitos que precisa, son sus puntos negativos.

1.1.5.7.- Gas licuado del petróleo (GLP).

El GLP es un gas que resulta de una mezcla de hidrocarburos ligeros, principalmente propano y butano, obtenido a temperatura ambiente y que puede licuarse fácilmente. Este combustible plantea problemas de seguridad, ya que al pesar más que el aire, en

caso de fuga se queda en el suelo, entra en la canalizaciones y conlleva un grave peligro de explosión. Por estas razones, en Alemania los coches de este tipo no pueden aparcar en los estacionamientos públicos.

El depósito de gas debe instalarse en un lugar seguro del vehículo y el motor tiene que equiparse con un aparato especial que mezcle gas y aire en la proporción correcta.

Bajo las mismas condiciones de conducción, un coche movido por GLP consume más que otro de gasolina. Las emisiones de hidrocarburos y monóxido de carbono son menores que la gasolina, permaneciendo prácticamente igual las de óxidos de nitrógeno.

1.1.5.8.- Hidrógeno.

La principal ventaja del hidrógeno consiste en que se puede extraer directamente del agua; pero todavía es más interesante que en la oxidación/combustión vuelve a producirse agua, y todo ello sin emitirse dióxido de carbono ni hidrocarburos. No ocurre lo mismo con los óxidos de nitrógeno, que pueden aumentar a determinadas temperaturas. También hay que tener en cuenta las emisiones que se producen al generar hidrógeno.

Como en otros combustibles la piedra de toque aquí es el depósito. Para el automóvil, se ha comprobado que el hidrógeno tiene que ser líquido, lo que se consigue a temperaturas inferiores a -240 grados centígrados. Los actuales depósitos de hidrógeno disponen de una capacidad de 140 litros, cantidad que proporciona la energía equivalente de 40 litros de gasolina. Otro inconveniente reside en que el vehículo debe estar funcionando casi constantemente, pues en caso contrario el hidrógeno aumentaría peligrosamente de presión, al aumentar la temperatura. Este inconveniente, sin embargo, se está resolviendo por medio de válvulas de escape que purgan el combustible automáticamente en caso de sobrepresión.

1.1.5.9.- Energía solar.

Los vehículos solares se mueven por medio de la electricidad que proporcionan unas placas que absorben la energía del sol. La ventaja sobre otros medios es clara: la contaminación resulta inexistente. Pese a ello, este tipo de vehículos presenta una serie de inconvenientes derivados de la necesidad de utilizar unas células solares de gran tamaño para generar la suficiente electricidad. Además al igual que ocurre con los eléctricos puros, este tipo de vehículos proporcionan una prestaciones ridículas.

Para solucionar la escasez de luz en días nublados, se están utilizando baterías adicionales para generar electricidad en estas circunstancias, lo que nos conduce a la actual problemática de las baterías. Hoy por hoy la energía solar es un campo de

estudio, cuyas posibilidades reales son prácticamente nulas.

1.1.5.10.- Autobús Híbrido.

Los autobuses híbridos disponen de doble fuente primaria de energía. Por una parte, pueden comportarse como vehículos de propulsión diesel-eléctrica o puramente térmica; y por otra, como autobuses eléctricos alimentados con baterías o pilas de combustible.

El autobús híbrido es ideal para recorridos largos en el extra radio de la ciudad, con la tracción diesel-eléctrica o térmica en servicio; y para cortos recorridos urbanos, utilizando la tracción puramente eléctrica alimentada por la batería. De este modo se circula silenciosamente y sin contaminar el ambiente de los núcleos urbanos. Dimensionando apropiadamente las baterías, la carga de las mismas queda asegurada durante los periodos de circulación con propulsión diesel-eléctrica por el extrarradio o por zonas de baja densidad urbana.

Los componentes son los mismos que los indicados para la citada propulsión diesel-eléctrica, a los que se añaden la batería y el cargador alimentado por el convertidor de tracción. En este caso, la batería, de una capacidad muy inferior a la necesaria para la propulsión puramente eléctrica, está alojada en el mismo autobús.

Actualmente existen dos tipos de coches híbridos: con motor en paralelo o en serie. En los de motor paralelo, el propulsor térmico cuenta con su propio sistema mecánico de transmisión a las ruedas, independiente del motor eléctrico que se alimenta de la fuente de electricidad (baterías o pilas de combustible).

En los vehículos con motor en serie, la electricidad es siempre la responsable de la transmisión. Esta energía puede provenir bien de las pilas de combustible o de las baterías recargadas constantemente por un motor térmico (actuando como generador eléctrico), bien directamente de un propulsor térmico que, sin necesidad de baterías, alimenta el propulsor - o propulsores- eléctrico.

1.1.6.- Autobús. Avances tecnológicos y previsiones para los próximos años.

El desarrollo del autobús resulta ser un proceso lento. La razón por la que el factor tiempo es importante se basa en:

- Una vida útil bastante larga de los autobuses (10 a 20 años).
- El número relativamente pequeño de vehículos que se fabrican al año en los países europeos por parte de un relativamente elevado número de fabricantes.

Por citar un ejemplo, la Corporación Autónoma de Transporte Públicos de París (RATP) posee, sólo en París, un parque de unos 4000 autobuses, de los cuales 700 de los modelos SC 10 continuarán en servicio activo el año 2000 pese a que este modelo de autobús dejó de fabricarse en 1989.

No obstante, el autobús constituye un área del mercado del transporte que goza de un elevado número de innovaciones. Mucha gente desearía poder descubrir la fórmula que permitiese al autobús atraer, por méritos propios, a los usuarios de vehículos privados, sin tener que recurrir a la imposición de restricciones de tipo administrativo o legislativo, con el fin de facilitar un desbloqueo gradual de las zonas centro de las ciudades que ya se encuentran totalmente ahogadas a aún peor.

Consideremos dividido el desarrollo de la tecnología aplicable a los autobuses en los cuatro siguientes apartados:

- seguridad,
- velocidad,
- comodidad,
- economía.

La seguridad es un tema que sigue siendo la gran preocupación, omnipresente, en la mente de los diseñadores, con independencia de los aspectos de la tecnología anteriormente citada que se encuentren sometidos a investigación.

Los otros apartados se tratarán bajo los siguientes encabezamientos de los avances tecnológicos específicos de los autobuses.

1.1.6.1.- Sistemas de guía para los autobuses.

La preocupación por mejorar la velocidad de circulación de los autobuses y de superar la congestiones de tráfico en las zonas urbanas es un estímulo que permite la búsqueda y encuentro de soluciones originales al problema, trabajando en conjunto con los responsables de la gestión viaria.

La primera solución ideada por los operadores del servicio de autobús fue el carril bus. En París y sus alrededores existen 139 km. de carriles bus que, de hecho, cubren el 26% de la calzada utilizada por las líneas de autobús.

Este método, si bien ciertamente ha ayudado a frenar la disminución de la velocidad de circulación de los autobuses, no ha conseguido incrementarla. Los conductores no han colaborado demasiado ya que no respetan la indicación de “sólo bus” en los carriles bus, y naturalmente el estacionamiento ilegal de vehículos en los mismos reduce en gran medida el efecto positivo de estos carriles. Por otro lado, el número de carteras y calles capaces de admitir, en términos de espacio, los carriles bus es limitado. En muchas ciudades este límite ha sido ya alcanzado prácticamente.

Otra solución más radical es la de fomentar el uso de vías exclusivamente reservadas al autobús, independientes y construidas específicamente para este uso, que se instalan físicamente separadas del resto de la calzada. Este método resulta eficaz, pero muy caro, tanto por el espacio necesario, como por la obra especial requerida. En 1992 París sólo contaba con 15.6 km. de este tipo de vías reservadas.

Una solución para reducir el espacio ocupado por los autobuses sería la reducción hasta el límite del ancho de los carriles bus. Sin embargo, una reducción de este tipo requeriría sistemas de guía precisos y fiables (El mejor sistema posible de guías es naturalmente el uso de rieles, lo que conduce directamente a pensar en la

construcción de tranvías).

Un autobús equipado con un sistema de guía direcciones es el resultado lógico de estos pensamientos. Este tipo de vehículos constituye una interesante posibilidad. Dejando aparte su inferior coste, comparado con el del tranvía, goza de la ventaja de poder moverse libremente, sin la restricción que a éste le imponen los límites de su vía. La flexibilidad es un punto fuerte a favor de la utilización de este tipo de autobús.

Actualmente, numerosos fabricantes son capaces de construir vehículos para transporte público equipados con sistemas de guía (por ejemplo, Mercedes-Benz, Renault VI, Lohr-Industries, GEC-Alsthom y Bombardier).

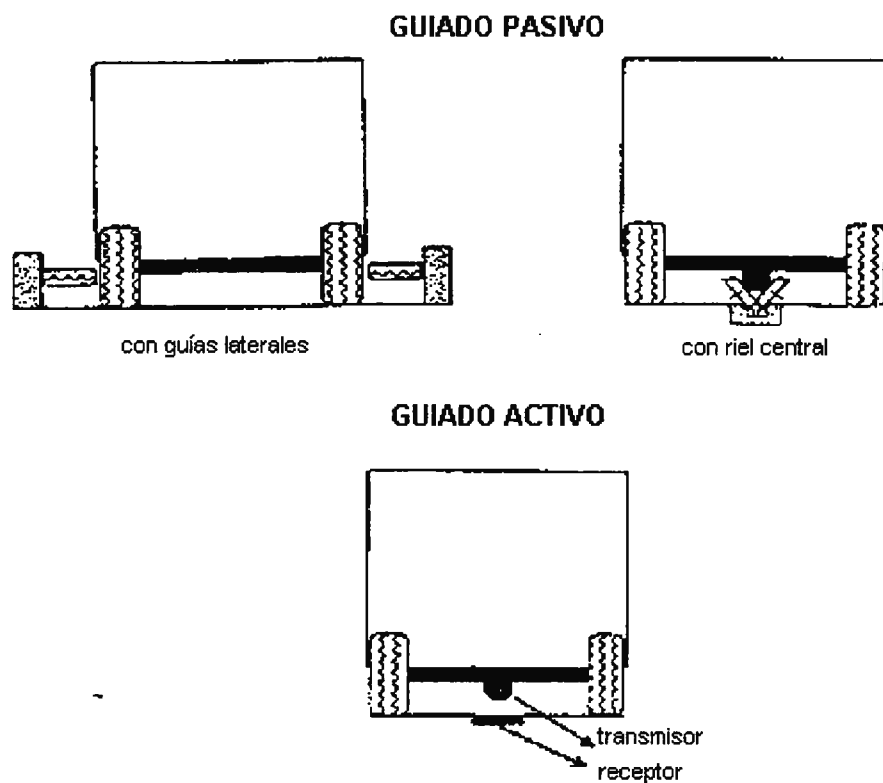


figura 1.7.1. Sistemas "convencionales" de guía para autobuses.

Realizaciones prácticas de este tipo de sistemas de guía se encuentran ya en funcionamiento, p. ej. en Adelaida (Australia) y en Essen (Alemania). Algunas redes francesas de autobuses, como las de Lyon y Caen, se han decantado por la utilización de este tipo de vehículos.

Por otra parte, el problema que realmente necesita resolverse, en relación con el sistema de guiado para autobuses, es el de la llegada del vehículo a las paradas. Paradójicamente, la construcción de autobuses con plataforma baja ha sido el detonante de este problema.

De hecho, los autobuses de plataforma baja son sumamente útiles si sus accesos, desprovisto de escalones, se encuentran exactamente a la misma altura de la acera, es decir que el hueco horizontal que queda no sobrepase unos pocos centímetros. De esta manera se evita el rozamiento entre puertas y acera, tanto en la parte delantera del autobús como en la trasera, pero para ello se requiere un posicionamiento muy preciso en relación con la calzada. En estos momentos se encuentra sometida a investigación la utilización de tales sistemas de guía en relación con las paradas de autobús. Unas soluciones originales y económicas ayudarían a proporcionar una rápida respuesta a los problemas que actualmente existen.

1.1.6.2.- El “sistema de arrodillado” en autobuses.

La mejora de los medios de acceso a un autobús proporciona solución a otros puntos objeto de preocupación.

- En primer lugar, mejorar la comodidad de determinados usuarios que temen subir alturas, consideradas por ellos excesivas, para acceder al autobús o bajar altos escalones a apearse.
- Mejorar los medios de acceso igualmente facilita la velocidad de subida y bajada de los usuarios, siempre que esto no conlleve la utilización de maniobras de tipo técnico que necesiten más tiempo para hacer funcionar

el mecanismo correspondiente que el tiempo real requerido por los usuarios para su entrada y salida.

El denominado “sistema de arrodillado” consiste en ajustar la altura del mecanismo de suspensión del autobús, lo que permite un descenso del vehículo de 7 u 8 centímetros en pocos segundos. Este sistema hace descender la altura de la plataforma del autobús en comparación con la calzada.

Lo que sucede muy frecuentemente es que, a causa de bloqueos u obstáculos, el autobús no logra aproximarse suficientemente a la acera. Por consiguiente, la altura del primer peldaño se ve reducida desde 32 ó 34 cm. hasta 25 ó 27 cm. Cuando el autobús logra detenerse al lado de la acera, lo idóneo es (sobre todo para los modelos con plataforma baja) que el acceso se encuentre al mismo nivel. No obstante, resulta difícil imaginar que las aceras y bordillos de vías públicas se encuentren situadas a más de 30 cm. por encima de la calzada. En este tipo de escenario las ventajas de los autobuses dotados con “sistemas de arrodillado” son más que evidentes.

Ahora bien, debemos admitir que este sistema presenta las siguientes desventajas:

- Aunque numerosos modelos de autobús han sido diseñados y fabricados con esta clase de dispositivo incorporado, su coste de adquisición, y sobre todo de explotación y mantenimiento, son elevados (lejos de ser desdeñables).

- El propio mecanismo “de arrodillado” consume energía adicional en su funcionamiento y además existe otro gasto de energía a causa del peso añadido al vehículo que tiene que alojar los distintos sistemas y elementos necesarios para el funcionamiento de estos mecanismos. Se presenta un aumento inevitable del tamaño de ciertos elemento integrantes de los mecanismos del autobús (como, por ejemplo, el compresor de aire) así como un incremento en el número de depósito de aire comprimido necesarios.
- El sistema constituye una fuente de posibles averías. Es probable que un fallo en el buen funcionamiento sea más causa de críticas, que de reacciones positivas gracias a su funcionamiento correcto.
- El brusco movimiento hacia arriba o hacia abajo provocado por el funcionamiento del sistema “de arrodillado” incide en todo el autobús y afecta a todos los pasajeros, incluidos los que no se apean o los que montan en una determinada parada. Por ello muchas redes que disponen de autobuses equipados con este sistema lo utilizan únicamente cuando se solicite por parte de los usuarios que se consideren necesitados de ello.

1.1.6.3.- Medidas de confort.

Cualquier tipo de mejora en los medios de acceso a los autobuses es un elemento que afecta a la comodidad, pero también es necesario tener en cuenta otros muchos factores. Los pasajeros reconocen, de manera objetiva, determinados elementos, reales y tangibles, de comodidad. Suelen ser los aspectos menos difíciles de mejorar. Podemos denominarlos como aspectos “físicos” del confort. Fundamentalmente son:

- Comodidad de acceso.
- Asientos cómodos.
- Disposición adecuada de superficies para viajeros de pie y adecuada disposición de barras y dispositivos de agarre y apoyo.
- Facilidad de movimiento dentro del autobús. Existencia y calidad de información para el usuario:
 - referente a los autobuses que permita al usuario reconocer el punto exacto del itinerario así como la zona de la ciudad en que se encuentra.
 - Que proporcione detalles sobre tiempos de trayecto y enlaces con otros servicios de transporte.
- Visibilidad hacia el exterior del vehículo.

Otros factores sobre los que los pasajeros opinan enérgicamente, sin tener una percepción objetiva real de ellos, pueden denominarse “psicológicos” y algunos de

ellos son mensurables y cuantificables.

Por ejemplo:

- Niveles de temperatura, vibración, ruido y ventilación.
- Intensidad de iluminación.
- Nivel de ruido de fondo.

Hay otros factores que son totalmente subjetivos y no admiten otra medida más que el nivel de satisfacción demostrado por el usuario.

Por ejemplo:

- Efecto global estético y la armonía de colores.
- Carácter “cálido” del ambiente.
- Sensación de seguridad.
- Nivel de limpieza.
- Presencia de distintos servicios:
 - Teléfono.
 - Bebidas.
 - Prensa.
 - etc.

Todo lo anterior resultan ser factores esenciales si queremos lograr que los automovilistas (cuyos vehículos privados poseen la mayoría de las comodidades anteriormente citadas) dejen sus coches en casa y prefieran utilizar con regularidad la red pública de autobuses.

Los fabricantes proponen a menudo nuevas características que, en teoría, son atractivas, pero no necesariamente responden adecuadamente a las expectativas de los usuarios ni a las del operador, sobre todo cuando sean cuestionables su coste o verdadero valor.

En realidad son los propios operadores los que deben especificar las características que desean y su orden de prioridad. Este procedimiento, en numerosas ocasiones, resulta difícil. Es importante considerar siempre los factores de tipo local. Probablemente, cualquier intento de priorificación revelará la existencia de factores diferentes para cada región, cada ciudad e incluso para cada línea.

Si el procedimiento se explica claramente a los fabricantes, es posible que se encuentren soluciones adecuadas, adaptadas a las necesidades individuales.

1.1.6.4.- Autobuses articulados.

El autobús articulado (“gusano”) es digno de consideración.

Originalmente este tipo de vehículo se introdujo con el principal propósito de proporcionar una alternativa económica al autobús convencional.

De hecho, en las líneas con elevado número de usuarios, el autobús articulado constituyó el medio de mantener el nivel efectivo de servicio (número de plazas por km. viajado), mientras al mismo tiempo reducía el nivel de servicio (intervalo entre dos autobuses consecutivos), de una forma apenas apreciable por los usuarios (sobre en las líneas en las que los autobuses se sucedían con escasas diferencias horarias), reduciendo de este modo el coste de proporcionar el servicio. Lógicamente fue necesaria la realización de algunos ajustes en las paradas, cabeceras de línea, cocheras, etc., pero el balance del coste total de la realización del cambio siguió siendo positivo.

Además, tanto usuarios como conductores descubrieron algunas características positivas de este diseño que los operadores no habían previsto inicialmente:

- Un vehículo era lo suficientemente largo para permitir a cada pasajero encontrar su “ambiente social”. En general, los adolescentes frecuentaban la zona trasera del vehículo, lo más lejos posible del conductor, símbolo de

autoridad y orden en la sociedad. No les importaba nada la reducción de los niveles de confort en comparación con los de la zona delantera (suspensión, ruido, vibraciones, etc.). Los pasajeros de mayor edad se situaban habitualmente en la zona delantera del vehículo, en una zona percibida como más cómoda y segura. Algunos operadores notaron que esta división era tan marcada que adoptaron la instalación interior según la sección implicada. Se realizaron modificaciones en el confort y disposición de los asientos, en la música de fondo y a veces en medios audiovisuales, tales como el vídeo, así como en la estética armoniosa de los colores, etc.

- El número de puertas (normalmente 3 ó 4), significaba que cada usuario podía escoger su entrada o salida y así obtener mayor sensación de libertad, sin las restricciones normales y la sensación de estar “regimentado” como en el tipo de autobús clásico.

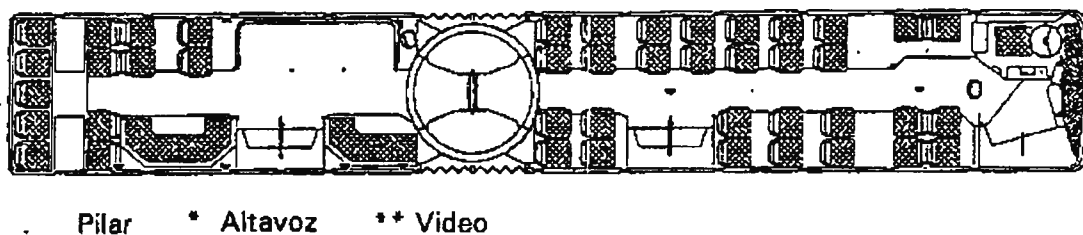


figura 1.7.2. Diferencia de la instalación interna entre zona delantera y trasera de un autobús articulado.

Los conductores de autobuses articulados se sentían más importantes o de “mayor valor” que sus colegas que seguían conduciendo autobuses normales. Se sentían con mayor responsabilidad (teniendo más pasajeros y una “herramienta” más cara a su cargo), y se sentían muy superiores al resto de los usuarios de la vía. Esta sensación de seguridad explica el incremento en el número de accidentes en comparación con el resto de los autobuses.

En pocas palabras, el autobús articulado, a pesar de si mismo, se convirtió en un símbolo de la era moderna y de la actualización del transporte público. Esto también correspondía a un cierto incremento de la demanda, cualitativo y cuantitativo. El autobús articulado, con su mayor oferta de espacio y asientos para los usuarios, ha resultado ser una manera relativamente barata de responder a ciertas expectativas de la demanda, creando en la mente de los usuarios, una sensación entre autobús articulado y aumento del confort en el transporte público. Actualmente, con la llegada de la nueva generación de autobuses (de plataforma baja, pequeños y cómodos), esta sensación de modernidad se ha diluido, pero algo sigue latente dado que los fabricantes pretenden asegurar que este tipo de vehículo incorpore las mismas innovaciones y avances que los otros.

1.1.6.5.- Renovación de la flota.

El uso y reemplazo de una flota de autobuses es algo de la mayor importancia y de

difícil realización, aún más a causa del gran número de modelos que existen en el mercado capaces de satisfacer las necesidades de los operadores.

Antes de decidir la compra de autobuses, se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

1.- Factores relacionados con características de diseño:

- Detalles sobre dimensiones y capacidad.
- Detalles sobre especificaciones mecánicas y dinámicas (velocidad, aceleración, etc.).
- Prestaciones que afectan a la calidad de transporte (acceso, altura de plataforma, tamaño de ventanas, anchura de pasillos, disposición de asientos, barras y correas de sujeción, zonas de la plataforma destinadas a entrada y salida, iluminación interior, ventilación, aire acondicionado, calefacción y sistemas de megafonía, etc.).
- Dispositivos para disminuir incomodidades (silenciosos, filtros para polvo, etc.).
- Dispositivos de seguridad.
- Dispositivos de ayuda de funcionamiento (radioteléfono, canceladores de billetes, sistemas de información para ayudar al usuario y a la operación, etc.).
- Cumplimiento de la normativa nacional y local.

2.- Factores relacionados con los costes de operación:

- Facilidades de mantenimiento y nivel requerido.
- Cláusulas de garantía.
- Consumo de combustible.
- Nivel necesario de recambios (vehículos, unidades básicas y piezas).
- Funcionamiento y consumo de diferentes accesorios y dispositivos.
- Fiabilidad y depreciación con el paso del tiempo.
- Costes adicionales (impuestos, seguros, financiación, etc.).

3.- Factores relativos a ingresos/rentabilidad:

- Publicidad.
- Reventa de los vehículos al final de su vida útil.
- Posibilidades de usos alternativos (diferentes usos de transporte, alquiler, adiestramiento de conductores, etc.).

4.- Factores subjetivos:

- Estética y osmosis en el ambiente global.
- Lo obsoleto comercialmente y lo atractivo en la mente del usuario.

Todos estos factores, en general, son tenidos en cuenta pero su importancia individual varía enormemente de un país a otro y de una a otra región.

Contemplando únicamente los factores de tipo económico, la inversión inicial representa del 35% al 40% del coste global de un autobús en servicio, los costes de operación (sin contar costes de conducción) representan del 65% al 70% y los ingresos adicionales el 5%.

Puede verse que la cuota de la inversión inicial tiene mucha mayor importancia cuando se tiene que elegir entre varios productos.

Muchos operadores están preocupados por investigar la óptima vida útil de un autobús. Esta no suele depender de criterios económicos claros y objetivos, sino más bien de un equilibrio precario de factores que varían para las distintas compañías, pesando el deseo de poseer vehículos atractivos y modernos contra las constricciones financieras actuales. En realidad, si la edad media de los autobuses es mayor o menor en una zona determinada dependerá en gran medida del estado de la tesorería de la Administración Local.

Los procedimientos de renovación de las flotas están cambiando e igualmente hay nuevas maneras de considerar las flotas de autobuses:

- Subcontratación del mantenimiento de la flota.
- Alquiler.
- Los fabricantes ponen los vehículos a disposición del operador.
- Leasing.

- Etc.

La renovación de los vehículos es un “arte” que precisa tener en cuenta otros muchos factores además únicamente de los económicos y técnicos. Si se puede decir que ciertas selecciones se hacen por sí mismas, sin necesidad de estudios detallados por parte de los responsables de la toma de decisiones, otras requieren estudio claro y meditado, ya que es probable que sean aplaudidas por unos y condenadas por otros. Es obvio que sería un error intentar justificar estas decisiones solamente a base de criterios racionales, porque son y seguirán siendo asuntos delicados, pero alguien tiene que hacerse responsable.

1.1.6.6.- Otros desarrollos.

El desarrollo tecnológico de los autobuses será mucho mayor a causa de las tres siguientes razones:

1.- El desarrollo de la tecnología eléctrica e informática.

Ciertas operaciones, inconcebibles aún hace pocos años por su dificultad de realización, resultan ser técnicamente posibles hoy en día y se encuentran disponibles a un coste relativamente bajo (transmisión de datos e información a través de radio o transmisor/receptor infrarrojo, localización de situación de

vehículos vía satélite, información sobre pasajeros o conductor en tiempo real, funcionamiento electrónico de motor o caja de cambios, etc.). Este tipo de equipamiento prevalece cada día más, ocupan cada vez más espacio y representan un porcentaje cada vez mayor del coste total del autobús. Los desarrollos se dividen en varias categorías:

- La estructura técnica de los vehículos (p. e. mayor necesidad de espacio para alojar el equipamiento electrónico, o investigación en dispositivos de multiplexación para evitar un incremento del cableado.).
- Avances en técnicas de mantenimiento y crecientes necesidades de profesionales de mantenimiento y diagnóstico para trabajar en los equipos electrónicos.
- Aumentando la familiaridad de los conductores con estos nuevos productos y adiestrándoles en su uso.

2.- Cambios en consumo de combustible.

Los actuales vehículos en servicio proporcionan mayores prestaciones, mecánicamente son más sofisticados (el mecanismo necesario para hacer descender la plataforma del autobús complica la cadena de transmisión), y están mejor equipados que sus antecesores, por otra parte, resultan ser mayores consumidores de combustible. Si tomamos como ejemplo los autobuses de la RATP de París, con el mismo nivel de servicio y sin la adopción de medidas que conduzcan al ahorro de

combustible, el consumo de diesel subirá de los 65.000.000 de litros consumidos en 1962 hasta los 90.000.000 de litros que se prevé consumir en el año 2005, por el mero hecho de haber renovado vehículos. Esto significa un aumento de 1/3 en el consumo de combustible. Por lo tanto, resulta vital descubrir un medio de reducir este incremento.

Podemos citar ejemplos de la investigación que se encuentra en curso:

- Adopción de métodos de conducción más eficaces y reforzamiento de la conciencia de los conductores sobre una “conducción más económica”.
- Reducción del peso del vehículo.
- “Reducción de energía” en equipos de elevado consumo (luces, radio, etc.), cuando no se estén utilizando.
- Auto-operación eléctrica de los mecanismos de potencia para mejorar su rendimiento.
- Mayor eficiencia y combustibles más baratos.
- Ruedas nuevas.

Ninguna de estas medidas es sí es lo suficientemente significativa para ser objeto de anuncios en prensa, y los propios usuarios sólo recibirán parcialmente los esfuerzos que se están llevando a cabo en este campo, ya que no existirá ningún tipo de consecuencias visibles de la adopción de estas medidas sobre los medios de transporte.

3.- Cambios en las exigencias ambientales.

Actualmente estamos viviendo una constricción de la legislación relativa a los niveles de emisión de gases de escape permitidos de los vehículos. A través de las directivas EURO 1, EURO 2, además de la EURO 3 que con toda seguridad saldrá más adelante, se tendrán que hacer unas modificaciones claramente perceptibles en los vehículos.

Sabemos que es posible llevar a cabo acciones que afecten a los siguientes tres puntos:

- Modificaciones de los mecanismos motopropulsores.
- Combustibles diferentes.
- Tratamiento de los gases de escape.

(g/kWh)	Norma inicial (Reg° 49)	Norma "90" (Directiva 88/77)	Euro 1 (Directiva 91/542)	Euro 2 (Directiva 91/542)	Plan Euro 3
CO	14	11.2	4.5	4	2
HC	3.5	2.4	1.1	1.1	0.5
NO _x	18	14.4	8	7	5
Partículas motor > 85 kW.			0.36	0.15	0.15
Fecha de aplicación.		1.10.90	1.10.93	1.10.96	no antes 1.10.99

Podemos seguir, al pie de letra, la previsiones de la Directiva EURO Y respecto a uno sólo de los tres puntos anteriormente relacionados: el que afecta a las modificaciones de los mecanismos motopropulsores. Es probable que las fases posteriores del nuevo reglamento requieran la realización de acciones sobre una combinación de dos punto, si no de los tres.

La reducción de los niveles acústicos exteriores es una necesidad que se está haciendo cada día más apremiante en el contexto urbano. Existen ya dispositivos de aislamiento acústico incluyendo la insonorización encajada. Es probable que, a corto plazo, se pongan en práctica otro tipo de medidas.

Finalmente, para reducir el peso de los vehículos, los fabricantes están investigando y desarrollando nuevos materiales, sobre todo para la construcción de la carrocería de los autobuses. Estos materiales resultan interesantes pero en su mayor parte presentan problemas que están aún pendientes de solución. En general los problemas implicados son:

- Su precio.
- Su implementación y la facilidad de reparación en caso de accidente.
- Su eliminación y reciclaje al final de la vida útil del autobús.

Este último problema resulta especialmente preocupante pero el futuro deberá aportar desarrollos importantes en este campo.

Estas medidas producen a veces resultados contradictorios (el cumplimiento de la legislación anti-contaminación incrementa considerablemente el consumo de combustible, los dispositivos de aislamiento acústico de tipo de la insonorización encajada incrementan el peso del vehículo, etc.). Resulta necesario conseguir avances combinados en todas estas materias asegurando su correlación armónica entre sus respectivos desarrollos. Dicha correlación será difícil de conseguir y probablemente resultará una tarea ingrata, pero será imprescindible para que el autobús avance en la dirección adecuada para lograr transformarse en lo que necesitará ser en los próximos años.

1.1.6.7.- Influencia de un grado de operación eficiente sobre el nivel de aceptación de los avances tecnológicos por parte de los usuarios.

Si las innovaciones anteriormente relacionadas van a ser aceptadas y continuar en uso, es esencial que no se perciban como fuentes de trastorno en la correcta operación de los autobuses, es decir, que no causen averías que puedan ser percibidas por los pasajeros.

Equipos más complejos pueden fácilmente acarrear, de forma natural, consecuencias negativas de este tipo. Por ello, es importante, conseguir sensibles avances en el grado de fiabilidad de los elementos constituyentes del vehículo y en los métodos de

conservación y mantenimiento, todo ello sin que se produzcan deterioros que pudieran ser inaceptables en el comportamiento económico del vehículo.

Conseguir autobuses fiables es el gran reto para los fabricantes. Los avances ya conseguidos en este sentido son bastante considerables, sobre todo en aquellos campos donde la competencia es más fuerte. Los años venideros seguramente verán el crecimiento de estos avances.

Es probable que los métodos de mantenimiento del futuro sean muy parecidos a los actuales, pero su importancia relativa será la que cambiará.

En estos momentos podemos diferenciar tres principales tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento correctivo, que cubre el tipo de trabajo realizado en un elemento o componente del mecanismo de funcionamiento después de haberse detectado una avería.
- Mantenimiento preventivo, que implica el mantenimiento sistemático y regular en intervalos predeterminados de tiempo que se realiza para reducir la probabilidad de aparición de averías en el futuro. Las actividades que se clasifican como “servicio de mantenimiento” pertenecen a las siguientes categorías: lubricación, cambios de aceite, cambios de filtros y limpieza.

- Mantenimiento de anticipación, que cubre el trabajo que se realiza después de una inspección pero antes de que se produzca una eventual avería, según ciertas señales de aviso diseñadas para anticiparse a las averías o a los problemas.

Actualmente el mantenimiento correctivo es el que predomina ya que representa del 60% al 70 % del horario de los talleres de reparación. En el futuro o más probable es que el mantenimiento preventivo y especialmente el de anticipación lleguen a ser los predominantes. La introducción de sistemas de ordenador en los trabajos de mantenimiento facilitará esta transición, eliminando la mayor parte de la ardua tarea de administración a los talleres. Estos sistemas ayudaran igualmente a reducir el tiempo necesario para iniciar el trabajo en un determinado problema, gracias a una planificación más eficaz de los procedimientos de control que permitirán que el mayor número posible de señales de aviso se encuentren monitorizadas y puedan ser rápidamente analizadas.

Estos desarrollos se encuentran actualmente en curso en varias ciudades y, además de haber conseguido apreciables ahorros en costes administrativos, el número de averías y el tiempo de permanencia de los autobuses fuera de servicio se han visto reducidos de forma significativa. Esto quiere decir, desde un punto de vista estrictamente económico, que se reduce el número necesario de vehículos y el de repuestos en reserva para el servicio de mantenimiento.

Al llegar a este punto debemos examinar también el desarrollo de las nuevas modalidades de atender los autobuses:

- Subcontratación del trabajo de mantenimiento. El operador pone todo el mantenimiento en manos de empresas especializadas.
- Alquiler de autobuses. Los que alquilan los autobuses son los responsables de proporcionar los vehículos en perfecto estado de funcionamiento.
- Suministro y mantenimiento de autobuses por los fabricantes. Los fabricantes están implicados en todas las etapas de la vida de un autobús: diseño, construcción, utilización y renovación.

Es difícil afirmar actualmente qué modalidad será la más beneficiosa para los usuarios. Sólo el futuro será capaz de aclarar las cosas.

1.1.6.8.- Conclusión.

Todos los aspectos del desarrollo y futuros avances persiguen un único objetivo: lograr que los desplazamiento de la población, dentro de las ciudades, resulten posibles y más fáciles. Para conseguir este objetivo, como ya se ha dicho antes, tenemos que ser capaces de ofrecer una alternativa válida al desplazamiento en vehículo particular que, a pesar de sus conocidas desventajas de ocupar mucho

espacio, fuerte consumo de combustible y contaminación causada, sigue siendo el símbolo de la libertad de movimiento al libre albedrío de cada uno.

Es difícil percibir ninguna promoción del derecho a la movilidad, y por tanto a la libertad, que imponga medidas restrictivas al símbolo mismo de la libertad, es decir, al coche particular. El transporte público en general y el autobús en particular tienen que desarrollarse lo suficientemente como para conseguir atraer por sus propios méritos a los conductores de vehículos privados, logrando convencerlos a optar libre y espontáneamente para modificar sus hábitos de desplazamiento.

Los campos para cambios para el autobús en sí son numerosos. El autobús es una parte esencial de la cadena pero sólo una de muchas en el transporte: calzadas, paradas, estaciones de autobuses, la oferta de servicio, los precios, etc.

Es importante que todos estos elementos que componen el sistema de transporte centrados alrededor del autobús se desarrollen por igual y de una forma coherente para evitar cualquier ruptura en la cadena, lo que revelaría una debilidad en ella y de esta forma condenaría el conjunto al fracaso. Es igualmente esencial escuchar a los usuarios del sistema, tanto actuales como potenciales, para tener en cuenta sus expectativas y aquello que ellos consideren importante o prioritario.

El autobús presenta grandes ventajas (sus cualidades y sencillez de utilización). Tiene su propio lugar en las ciudades y sólo constituye una auténtica alternativa para

el vehículo particular en las ya numerosas ciudades donde no resulta posible implantar el tranvía, tren ligero metropolitano u otro sistema de tren convencional.

Por esta razón es evidente que el autobús seguirá afirmándose y desarrollándose en el futuro.

1.1.7.- Tráfico y Transporte Urbano en Ciudades de Tamaño Medio:La Coruña.

1.1.7.1.- Introducción.

La Coruña está situada en el extremo noroeste de la Península Ibérica siendo una de las ciudades más importantes de la Comunidad Autónoma de Galicia.

Aunque tiene un importante puerto comercial y un aeropuerto la accesibilidad a esta zona de España ha sido sensiblemente menor que la del resto del Estado debido a las dificultades orográficas y a no estar dentro de ningún itinerario europeo. Sin embargo, el Gobierno español prevé unas importantes inversiones en carreteras que acerquen Galicia a los puntos de actividad económica españoles.

La Coruña cuenta con área metropolitana con un total de 345.000 habitantes que tienen su lugar de trabajo fundamentalmente en el sector terciario o industrial, concentrado en La Coruña.

También tiene una importante oferta cultural y turística que supone una alta afluencia de visitantes en los períodos vacacionales.

1.1.7.2.- Datos básicos de la ciudad.

1.1.7.2.1.- Estructurales.

Población: La población del municipio en 1992 era de 248.001 habitantes habiendo experimentado un crecimiento del 0.4% respecto a 1991.

Puestos de trabajo: La distribución de los puestos de trabajo por sectores a nivel municipal es la siguiente (datos de 1991):

• Agricultura y pesca	2.4%
• Industria	19.32%
• Construcción	7.36%
• Servicios	70.91%

La tasa de actividad es del 50.98% y la tasa de paro del 18.29% (datos a nivel municipal).

El número de empleos a nivel provincial es de 396.126 siendo la población activa de la provincia de 422.100 y la población ocupada de 366.900.

Superficie: La superficie total del término municipal es de 37.6 km² con una densidad de 6.431 hab./ km².

Otros datos de interés: La renta per cápita anual en 1991 fue de 890.000 ptas.

1.1.7.2.2.- Infraestructura de transporte.

Longitud de la red viaria: (Ver figura 1.8.1.) En lo que respecta a la ciudad de La Coruña se distinguen dos tipos de vías, unas de penetración al centro urbano y otras de circunvalación a la ciudad. Las primeras son la Avenida de Linares Rivas, La Avenida del Ejército y la Avenida de Finisterre. La función de circunvalación de la ciudad es realizada fundamentalmente por la Ronda de Outeiro. La longitud total de estas vías es de 18 km. Los corredores principales del Área Metropolitana son el Eje Coruña-El Burgo que tiene características propias urbanas y el eje Coruña-Arteixo-Carballo que es el eje principal de la expansión metropolitana.

Aparcamientos: Existen 7 aparcamientos subterráneos, todos en régimen de concesión privada, que suponen un total de 1750 plazas. En un futuro próximo se construirán dos más. Así mismo existe un total de 2500 plazas de aparcamiento regulado en superficie situadas en su totalidad en la zona centro de la ciudad.

Zonas peatonales: La red peatonal abarca la Plaza María Pita, calle Real, Galera, Estrella, Torreiros y Barcelona teniendo una longitud aproximada de 3 km. Actualmente no está prevista su ampliación.

Carriles Bici: No existen carriles-bici pero está en marcha la remodelación del Paseo Marítimo que estará equipado con 500 metros de carril de uso exclusivo de las bicicletas. Sin embargo, estos equipamientos no responden a una necesidad de movilidad urbana sino que su objetivo es recreativo.

1.1.7.2.3.- Transporte Público.

La empresa adjudicataria de la concesión para la explotación y prestación del servicio de transporte urbano en la ciudad de La Coruña es desde 1902 la “Compañía de Tranvías de La Coruña S.A.” que desde su fundación es de titularidad privada.

El 90% de las acciones está concentrada en 6 personas que a su vez tienen otras experiencias en gestión de otros servicios urbanos. La concesión actual comenzó en 1983 y llega hasta el año 2020, teniendo carácter de exclusividad absoluta. Únicamente contempla una ampliación y renovación progresiva de la flota de autobuses.

Longitud de las líneas: La longitud total de las líneas es de 117.27 km. Tomada como promedio de la ida y de la vuelta al no coincidir ambos recorridos en algunas líneas.

Oferta de transporte: La red de transporte urbano tiene un total de 23 líneas y 700 paradas. En la guía de los trasportes urbanos se puede observar el recorrido de cada una de las líneas. A continuación se detallan algunos datos de interés sobre la oferta:

● Kilómetros recorridos/año:	4.394.555
● Velocidad comercial media:	13.24 km./h.
● Frecuencia media/máxima:	13 min. /24 min.
● Número de expediciones día:	987
● Plazas totales ofertadas/año:	28.820.400
● Asientos ofertados/año:	9.726.885
● Asientos*Km./año:	49.475.739
● Plazas*Km./año:	144.100.000

Uso: La demanda total durante los últimos años ha sido la siguiente (cifras en millones de viajeros):

Año	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Viajeros:	20.8	19.6	19.2	17.8	17.7	17.4	17.9	18.1	18.2	18.6

Como se puede observar desde 1988, año en el que se realizó una remodelación de las líneas, ha habido una sensible recuperación de los viajeros (6.8% entre 1987 y 1992). Otros datos de interés de la demanda son:

Índice medio de aupación: 4.24

Viajeros/km.: 46.500.000

Viajeros*Km./año (longitud media: 2.5 km.):

33.39%

Meterial Móvil: El números de autuobuses que componen la dlota es de 90, siendo su edad media de 8.7 años. Todos los autobuses son convencionales, de perfilbajo. Se está procediendo a sustituir la flota antigua por los nuevos modelos Mercedes 405 y ha introducir autobuses articulados (línea a la Universidad con 5000-9000 viajeros/día). El combustible empleado en todos los casos es gasóleo A.

Situación laboral:La plantilla asciende a 201 trabajadores divididos en:

Conductores: 176

Talleres: 19

Administración: 6

Está plantilla representa un total de 330.777 horas trabajadas.

Estructura económica: Los costes de explotación en 1992 fueron 1.205.764.513 pta.

(Sin incluir el impuesto de sociedades) desglosado de la siguiente manera (cifras en

pta.):

Personal:	787.343.265 (65.3%)
Suministro, reparación y mantenimiento:	178.176.801 (14.7%)
Combustible:	105.859.751 (8.7%)
Otros:	134.384.696 (11.3%)

Los ingresos de la empresa son los siguientes:

Recaudación de billetes:	1.096.247.000 (81.5%)
Subvenciones:	236.791.000 (17.6%)
Publicidad:	8.773.000 (0.6%)
Otros:	2.395.000 (0.3%)
Total:	1.344.206.000 (100%)

La tarifa de equilibrio está fijada en 80 pta. Las únicas subvenciones que recibe la empresa del Ayuntamiento son las compensaciones correspondientes a los ingresos que la empresa deja de percibir por la utilización del bonobús cuyo precio por viaje es de 60 pta. El 50% de la reducción de precio en el bonobús universitario es subvencionada por la Universidad de La Coruña. El beneficio empresarial establecido para calcular la tarifa de equilibrio es del 10%.

Estructura Tarifaria: El precio del billete ordinario es de 80 pta. Asimismo existe el bonobús cuyo precio por viaje es de 60 pta. y vale para 50 viajes (precio total del bonobús: 3000 pta.) Estos bonos están dedicados a fomentar el uso recurrente y se adquiere en las oficinas del Banco Pastor. Por último, hay bonobuses para pensionistas, jubilados, parados y estudiantes con un precio de 40 pta./viaje que al entrar en el autobús han de presentar el billete (los billetes se compran también en las oficinas del Banco Pastor) y el carnet de pertenecer a dichos grupos. En todos los casos hay un aumento de 10 pta. en las tarifas en fin de semana.

1.1.7.2.4.- Consumo de energía y contaminación.

Consumo del transporte público: El consumo total de gasóleo A por parte de la flota de autobuses en 1992 fue de 1.5 millones de litros con un consumo medio unitario de 45 litros cada 100 km.

Consumo Privado: No se ha podido realizar una estimación fiable al no existir datos sobre el número total de viajes realizados en transporte público.

1.1.7.2.5.- Distribución Modal de la Movilidad.

No existen datos sobre la movilidad según modos. Los técnicos del Ayuntamiento consideran que del total de viajes motorizados un 30% se realizan en transporte público y que el 95% es demanda cautiva.

1.1.7.2.6.- Propiedad de Vehículos.

El parque de vehículos en La Coruña es de 110.000 vehículos lo que representa una tasa de 443 vehículos por cada 1000 habitantes.

MEMORIA DESCRIPTIVA

1.2.	MEMORIA DESCRIPTIVA	1
1.2.1.	HÍBRIDO DIESEL-ELÉCTRICO	1
1.2.1.1.	Perturbaciones originadas en la red de distribución.	12
1.2.1.2.	Consideraciones de seguridad	14
1.2.2.	MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA. MOTORES DIESEL	17
1.2.2.1.	Partes de los motores	17
1.2.2.2.	Motores cíclicos de Otto	21
1.2.2.3.	Motores Diesel	22
1.2.2.4.	Motores de dos tiempos	23
1.2.2.5.	Motor rotatorio	24
1.2.2.6.	El motor de carga estratificada	25
1.2.3.	ENERGÍA ELÉCTRICA: BATERÍAS, VOLANTES DE INERCIA, PILAS DE COMBUSTIBLE	26
1.2.3.1.	Las Baterías	26
1.2.3.2.	Volantes de inercia. Flywheel System	37
1.2.3.3.	Pilas de Combustible	40
1.2.4.	PILAS DE COMBUSTIBLE	41
1.2.4.1.	Generación química de energía	41
1.2.4.2.	Pilas de combustible Hidrógeno/aire	43
1.2.4.3.	Comportamiento en carga	46
1.2.4.4.	Vehículos Eléctricos	47

1.2.5. MÁQUINAS ELÉCTRICAS. DISTINTOS TIPOS DE GENERADORES	49
1.2.5.1.Máquinas síncronas	52
1.2.5.2.Máquinas de corriente continua	54
1.2.5.3.Máquinas asíncronas	60
1.2.5.4.Cuadro comparativo entre distintos tipos de motores eléctricos	63
1.2.6. GENERADOR ASÍNCRONO CON MOTOR DIESEL ...	64
1.2.7. MOTOTRES DE TRACCIÓN	70
1.2.7.1.Elección del número de motores	91
1.2.7.1.1.Un motor	91
1.2.7.1.2.Dos Motores	93
1.2.7.1.3.Cuatro Motores	95
1.2.8. CONVERTIDORES. TRNAFORMACIÓN c.a. A c.c.	96
1.2.8.1.Elección del tipo de rectificadores. Monofásico o Trifásico	97
1.2.8.2.El rectificador trifásico	101
1.2.8.3.Rectificador Trifásico con una tensión de salida determinada	103
1.2.9. INVERSORES PWM	105
1.2.9.1.Eschema del PWM	107
1.2.9.2.Inversores Trifásicos	109

1.2.10. DIMENSIONAMIENTO DE LOS DISTINTOS ELEMENTOS DEL AUTOBÚS	112
1.2.10.1. Cálculo del par y de la potencia necesarios para mover el autobús	112
1.2.10.2. Dimensionamiento de los motores	116
1.2.10.3. Dimensionamiento del grupo generador	116
1.2.10.4. Dimensionamiento de las baterías	117
1.2.11. PRECIO FINAL	118

1.2.- MEMORIA DESCRIPTIVA

1.2.1.- Híbrido Diésel-Eléctrico.

Con las tecnologías actuales, los vehículos sin emisión de contaminación han de ser eléctricos, pero el problema con el que nos encontramos en los vehículos puramente eléctricos es que su autonomía con una sola carga es realmente escasa. Además, según la opinión de los mejores expertos en la industria del automóvil, el público rechazaría comprar vehículos, aunque fuesen no contaminantes, si el tiempo entre cargas es sólo de poco más de cien kilómetros.

Hoy por hoy, la única solución realista al problema es el vehículo híbrido, es decir, vehículos que emplean o pueden emplear dos fuentes de energía y una de ellas es reversible. La fuente reversible es en general eléctrica y por consiguiente de “cero de emisión”, la otra fuente suele ser una máquina de combustión interna.

Resulta evidente que son vehículos más complejos y de mayor coste que los que utilizan una sola fuente de energía.

Los vehículos híbridos hacen posible un transporte de mercancías silencioso y limpio, y aumentan el atractivo del transporte público. Esto es tanto válido tanto para aglomeraciones en las grandes ciudades europeas, con calzadas a menudo estrechas y

con núcleos urbanos llenos de actividad, como para los paisajes urbanos de América, con sus barrios periféricos en vertiginoso crecimiento y centros urbanos vacíos por la noche.

Aunque en el desarrollo de los modernos autobuses se concede una gran importancia a la exigencia de compatibilidad medioambiental, al mismo tiempo se desea la flexibilidad propia del transporte por carretera.

En régimen de funcionamiento puro con batería el grupo propulsor híbrido permite circular durante determinado tiempo sin emitir gases de escape.

De los vehículos híbridos se exige un comportamiento de marcha tan bueno como el de cualquier otro vehículo de carretera; es decir, un autobús híbrido ha de prestar aproximadamente los mismos servicios que un autobús público urbano.

En el terreno de los grupos propulsores híbridos hay que distinguir entre la disposición paralelo y la disposición serie.

En el primer caso es posible conmutar entre el motor eléctrico y el de combustión interna, sería un vehículo térmico con aporte complementario de tracción a base de motores eléctricos, aquí la suma de energía se hace en forma mecánica. Nos encontramos con un vehículo de buenas prestaciones y bajo consumo, pero pobre de autonomía en modo eléctrico. Tendría en principio un menor coste que el otro

sistema, pero requiere un potente batería de tracción y ésta sigue siendo el punto débil de los vehículos eléctricos.

El esquema de funcionamiento de este sistema de propulsión es el siguiente:

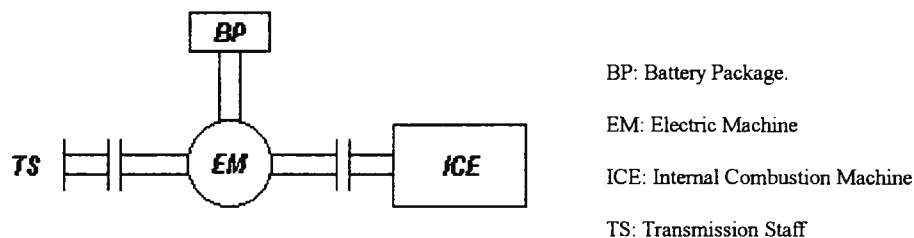


figura 1.6.1 Esquema de funcionamiento de un motor híbrido paralelo.

Un ejemplo de la utilización de esta configuración la tenemos en el prototipo del vehículo híbrido NEXT, desarrollado por Renault. Funciona con un motor de 750 c.c. situado en el eje delantero y dos pequeños motores eléctricos (de 7 kW cada uno) que se encuentran sobre cada una de las ruedas traseras. Cuando se rueda hasta 40 km/h, velocidad destinada a la ciudad, son los motores eléctricos los encargados de impulsar el vehículo, con una autonomía de hasta 30 km. Cuando se supera esta velocidad, estos dejan de funcionar y es el motor térmico el que realiza la tracción, en estas condiciones puede llegar a 140 km/h. Además, si fuera necesaria un mayor demanda de potencia, los eléctricos podrían volver a conectarse lanzando el coche hasta los 167 km/h, velocidad máxima de este automóvil. Mientras se desplaza con

el motor térmico, las baterías eléctricas se van recargando debido al movimiento de las ruedas traseras.



figura 1.6.2 Renault NEXT

En la configuración serie la propulsión viene siempre del motor eléctrico. La función del motor de combustión interna es generar energía eléctrica que pueda alimentar a los motores eléctricos, en condiciones extremas de funcionamiento (cuando se requiere mucho aporte de par: arrancadas, cuestas,...) y mantener las baterías en estado cargado. En este caso la suma de energías se hace de forma eléctrica. Esta configuración responde al siguiente esquema:

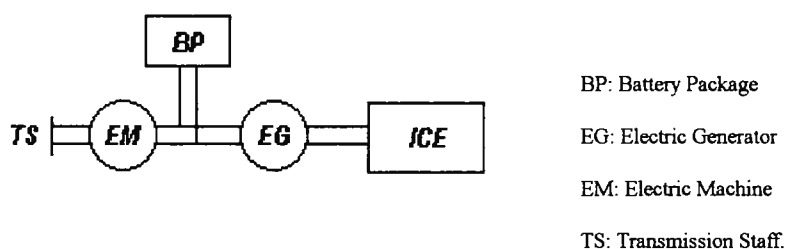


figura 1.6.3. Esquema de funcionamiento de un motor híbrido serie

Este sistema aporta escasas emisiones, buen confort de marcha y buena gestión de energía. Sin embargo encarece el vehículo y su velocidad normal no es muy elevada (factor que no se tiene en cuenta en circulación urbana). La realización de este tipo de motores es relativamente fácil pero de coste elevado.

Puesto que la fuerza se transmite eléctricamente y el motor eléctrico actúa directamente sobre el eje, no se necesita ni caja de cambios ni árbol cardán. Además se pueden colocar todos los elementos para la transmisión de la energía en el techo, contribuyendo de esta forma al aumento del espacio destinado a los pasajeros en el interior del autobús.

Al frenar el motor eléctrico actúa como generador. La energía de frenado por tanto no se disipa en forma de calor sino que realimenta la batería, obteniéndose al mismo tiempo un frenado suave que prolonga la vida útil de los forros de los frenos.

La siguiente figura muestra una aproximación de la curva característica de tracción para un vehículo articulado con accionamiento eléctrico en dos ejes.

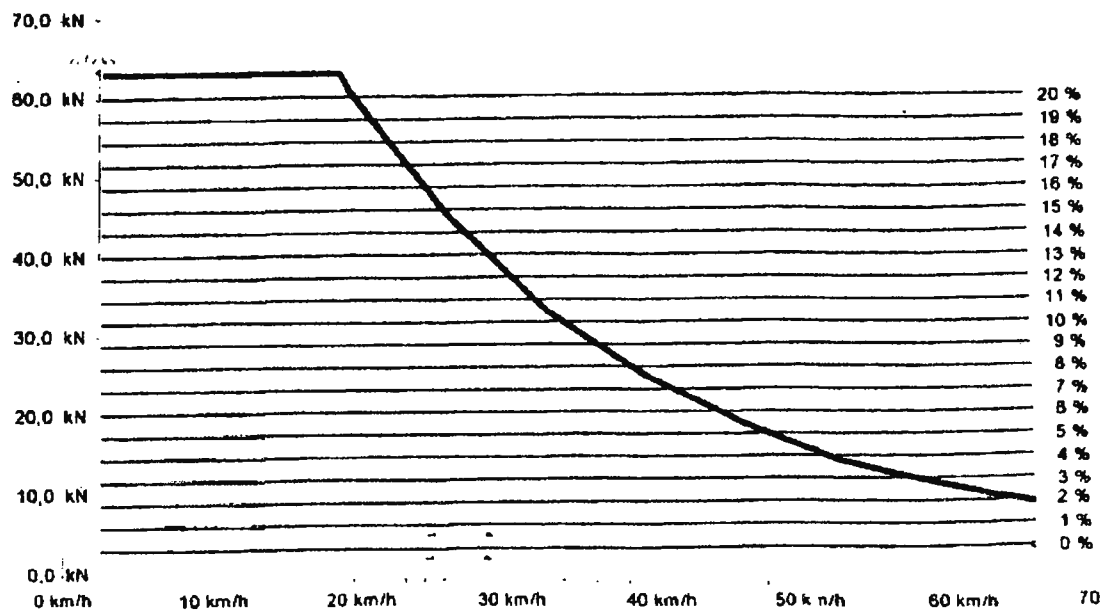


figura 1.6.4. Curva característica de tracción para accionamientos eléctricos en dos ejes.

El esquema de funcionamiento de nuestro autobús es del tipo híbrido serie a tracción eléctrica y autogeneración térmica, en el que la tracción se realiza solamente por el motor eléctrico que se alimenta por ambas fuentes de energía disponibles a bordo (generador y baterías).

El concepto es mover el vehículo con un motor eléctrico alimentado por un sistema de baterías de acumuladores, que poseen en paralelo un motor térmico, que funciona en regimen prácticamente estacionario, acoplado a un generador eléctrico de donde extraer energía cuando el motor eléctrico de tracción necesita picos de potencia (sobre todo, en la aceleración y en la subida).

El sistema, en su conjunto, adopta la siguiente configuración (figura 1.6.5.):

- Motor térmico, como fuente de energía, de régimen constante y potencia variable, para poder permitir posibles regulaciones de naturaleza discreta, en caso de necesidad o conveniencia.
- Alternador, que convierte la energía mecánica, que le proporciona directamente el motor térmico situado corriente arriba, en energía eléctrica de características adecuadas y la transmite al sistema de acumulación electroquímica, a través del cargabaterías, o al motor eléctrico.
- Recargador de baterías, que convierte la energía eléctrica de tipo alterna, procedente del alternador, en energía de tipo continua a enviar a las baterías.
- Convertidor, que convierte la energía eléctrica de tipo alterna a continua que posteriormente se enviará a los inversores.
- Después de los sistemas de generación de energía nos encontramos con el chopper de frenado, que lleva conectada una resistencia de frenado que se encarga de disipar la energía en estas circunstancias. Esta energía se podría utilizar en los sistemas de calefacción del vehículo.

- Inversores (2) PWM (Pulse Width Modulation), cuya función es la regulación y control del flujo de potencia eléctrica de paso unívoco entre el generador y/o sistema de acumulación y el sector eléctrico de tracción. En este sistema confluyen también las señales de control procedentes del pedal del acelerador y del freno, enviadas por el conductor consecuentemente a las condiciones en las que tiene que trabajar.
- Baterías, que desempeñan, el papel de fuente de energía, integrando la energía proporcionada por la fuente secundaria (M.C.I.) cuando la primera no sea suficiente para responder a la solicitud de carga.
- Motores eléctricos de tracción (2), situados uno en cada rueda, con características técnicas tales como las de poder suministrar las mismas prestaciones de un motor térmico.

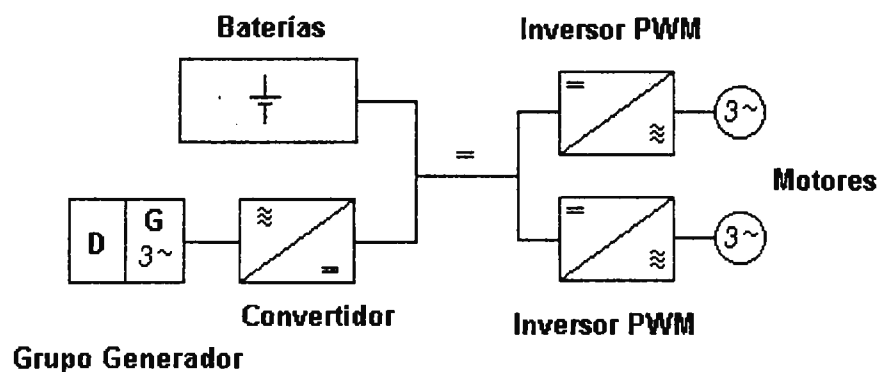


figura 1.6.5. Esquema de nuestro autobús híbrido.

La figura 1.6.6. muestra los flujos de potencia con generador en movimiento, en los diversos casos posibles (aceleración, tracción, frenado y parada).

Como podemos observar las potencias en juego son:

- La potencia solicitada por el motor eléctrico para el movimiento del vehículo. Aquella que, prescindiendo de las pérdidas que se encuentran en las transmisión mecánica, en el diferencial y en el propio motor, debe proporcionarse al motor de tracción para el movimiento a la velocidad deseada, para los arranques desde la parada y para las aceleraciones.
- La potencia suministrada o absorbida por las baterías debe tener en cuenta los diversos rendimientos de carga y de descarga que los acumuladores presentan según sus condiciones de funcionamiento, ya que la tensión en los terminales de estos, es continuamente variable, dependiendo, en gran medida, del estado de carga. Las potencias teóricas entrantes y salientes serán depuradas luego para tener en cuenta los respectivos rendimientos.
- La potencia suministrada por el generador se mantiene constante, este funcionamiento permite un aumento de la corriente suministrada por el

grupo en la fase de descarga de las baterías y, por tanto, ha de preferirse en la medida en que permite una menor capacidad descargada y un mejor funcionamiento del motor de combustión interna debido precisamente a un suministro de potencia constante.

- La potencia recuperada por el motor eléctrico y disipada en el chopper de frenado. Se deriva de un porcentaje de energía cinética y/o potencial poseída por el vehículo. Esta potencia se transforma en energía eléctrica durante la fase de frenado que se realiza por la máquina eléctrica que funciona como generador. Esta energía será finalmente disipada por el conjunto chopper de frenado y resistencia de frenado aunque se podría utilizar para la recarga de las baterías.

La potencia necesaria al motor eléctrico deberá proporcionarse por el generador y por las baterías. En el caso de que dicha potencia sea igual o menor que la potencia media, esta última se suministra en su totalidad por el generador y también se encarga de suministrar energía para la recarga de las baterías cuando alcancen un grado de descarga determinado. Las baterías tienen la función de superación de los picos de solicitud de potencia, cuando el generador no esté en condiciones de hacer frente a dichas solicitudes (subidas y aceleraciones).

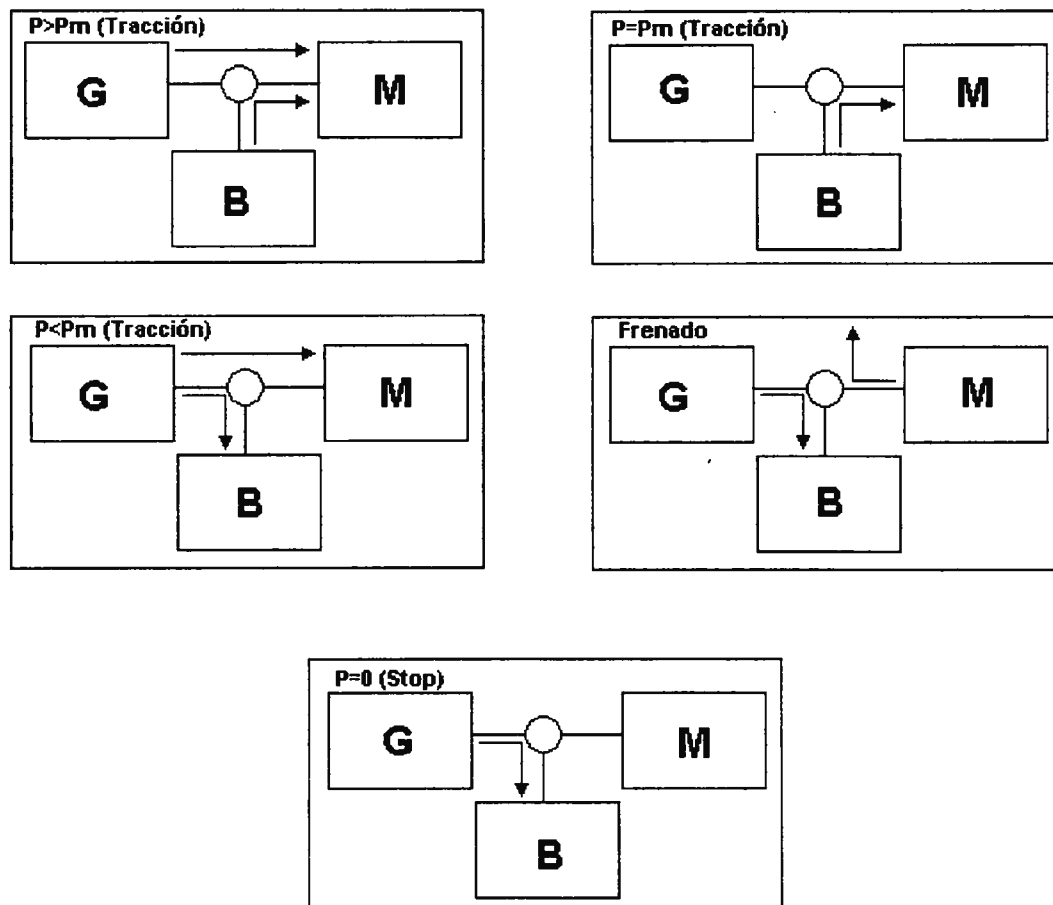
En el caso de vehículo parado y generador encendido, evidentemente toda la

potencia generada contribuye a recargar los conjuntos de la batería.

Con el motogenerador apagado, el vehículo funciona como un vehículo puramente eléctrico que extrae su energía a partir de las baterías, su autonomía dependerá exclusivamente de la que tiene las baterías.

Las ventajas que aporta el sistema de propulsión híbrida son:

- Reducción de la emisiones gaseosas.
- Posibilidad de continuar la marcha con el motogenerador apagado.
- Reducción de la rumorosidad de marcha.
- Autonomía no limitada por las baterías.
- Confort de marcha.



G = Generador

B = Baterías

M = Motor Eléctrico

P = Potencia solicitada al motor eléctrico

PM = Potencia Media

figura 1.6.6. Flujos de potencia en un vehículo híbrido serie.

1.2.1.1.- Perturbaciones originadas en la red de distribución.

Los equipos utilizados para recargar las baterías pueden originar en la red de

distribución diversas perturbaciones: aparición de armónicos, interferencias electromagnéticas y carga reactiva.

Los cargadores de baterías suelen extraer de la red corriente asinusoidal, rica en armónicos. La distorsión de la corriente induce tensiones debido a la impedancia lineal de la red y, por lo tanto, influyen en la tensión que reciben otros usuarios. Los problemas que ocasionan los armónicos son:

- interferencias con líneas de comunicación;
- desequilibrio del par motor en motores eléctricos;
- errores de los aparatos de medición y protección;
- recalentamiento de motores eléctricos y condensadores.

Los armónicos pueden evitarse utilizando cargadores con una adecuada tipología que incluya los oportunos medios de regulación para reducirlos, o que cuenten con dispositivos filtrantes de armónicos, que son costosos.

Los equipos trifásicos de tres conductores eliminan los armónicos múltiples de tercer orden. Las ondas simétricas en la conducción positiva y negativa eliminan los armónicos uniformes.

En casi todos los modelos se alteran bajo corriente valores de distorsión, eficiencia y carga reactiva, es decir, las condiciones en el extremo de la línea de carga.

1.2.1.2.- Consideraciones de seguridad.

El empleo de la electricidad a bordo de los vehículos plantea una serie de cuestiones de seguridad. En un informe de CITELEC se tratan ampliamente los distintos aspectos del problema de la seguridad en los vehículos eléctricos. Los principales puntos pueden resumirse tal como sigue:

Seguridad del sistema eléctrico de tracción:

La presencia de electricidad a bordo exige medidas adicionales de seguridad para que el vehículo circule sin riesgos:

- Protección contra descargas eléctricas: teniendo en cuenta la existencia de tensiones peligrosas (tensiones de hasta 600 V.), deben tomarse las debidas precauciones para evitar el contacto directo o indirecto.
- Seguridad en el funcionamiento del sistema: el sistema de conducción debe concebirse de modo que no se produzcan situaciones peligrosas, por

ejemplo que se ponga en marcha cuando no se desea.

Seguridad de la batería y de la recarga:

- La batería suele ser un objeto pesado y debe estar situada y sujeta debidamente en el vehículo para evitar situaciones de riesgo, por ejemplo en caso de accidente.
- Las baterías contienen una serie de sustancias químicas reactivas que no deben poner en riesgo a los viajeros u otras personas, ni siquiera en caso de accidente.
- Cuando el vehículo está recargando la batería se encuentra conectado a la red; deben tomarse las adecuadas medidas de precaución.
- Las baterías con electrolito acuoso emiten hidrógeno gaseoso durante el proceso de recarga; deben tomarse las precauciones adecuadas para evitar riesgos de explosiones.

Seguridad en la conservación:

- Aunque las tareas de conservación de un vehículo eléctrico suelen ser sencillas, el personal encargado de ellas debe poseer la debida preparación

para evitar los peligros concretos del equipo de tracción eléctrica.

Seguridad en la circulación:

- La escasa producción de ruido de los vehículo eléctricos representa un clara ventaja. Pero esto mismo puede ser un serio peligro para los peatones o ciclistas que no los escuchen. Los vehículos de este tipo que circulen por centros urbanos o por zonas peatonales deben ir dotados de un medio sonoro de aviso (una campanilla, por ejemplo).

El mayor problema en relación con la seguridad de los vehículos eléctricos parece ser la ausencia de una reglamentación unificada y normalización en este caso. Varios organismos de normalización (IEC, ISO, CEN) se están ocupando de ello.

1.2.2.- Motores de combustión interna. Motores Diesel.

Motor de combustión interna es cualquier tipo de máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química producida por un combustible que arde dentro de una cámara de combustión, la parte principal de un motor. Se utilizan motores de combustión interna de cuatro tipos: el motor cíclico Otto, el motor diesel, el motor rotatorio y la turbina de combustión. El motor cíclico Otto, cuyo nombre proviene del técnico alemán que lo inventó, Nikolaus August Otto, es el motor convencional de gasolina que se emplea en automoción y aeronáutica. El motor diesel, llamado así en honor del ingeniero alemán nacido en Francia Rudolf Christian Karl Diesel, funciona con un principio diferente y suele consumir gasóleo. Se emplea en instalaciones generadoras de electricidad, en sistemas de propulsión naval, en camiones, autobuses y algunos automóviles. Tanto los motores Otto como los diesel se fabrican en modelos de dos y cuatro tiempos.

1.2.2.1.- Partes de los motores

Los motores Otto y los diesel tienen los mismos elementos principales (figura 2.1.1.). La cámara de combustión es un cilindro, por lo general fijo, cerrado en un extremo y dentro del cual se desliza un pistón muy ajustado al interior. La posición hacia dentro y hacia fuera del pistón modifica el volumen que existe entre la cara interior del pistón y las paredes de la cámara. La cara exterior del pistón está unida por un eje al cigüeñal, que convierte en movimiento rotatorio el movimiento lineal

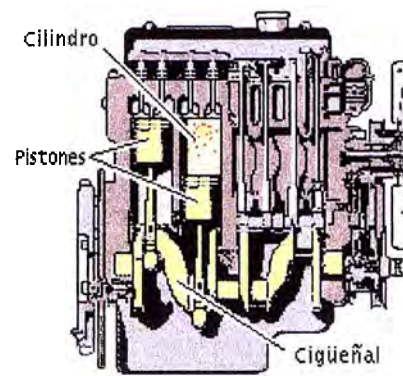
del pistón. En los motores de varios cilindros el cigüeñal tiene una posición de partida, llamada espiga de cigüeñal y conectada a cada eje, con lo que la energía producida por cada cilindro se aplica al cigüeñal en un punto determinado de la rotación. Los cigüeñales cuentan con pesados volantes y contrapesos cuya inercia reduce la irregularidad del movimiento del eje. Un motor puede tener de uno a 28 cilindros.

El sistema de bombeo de combustible de un motor de combustión interna consta de un depósito, una bomba de combustible y un dispositivo que vaporiza o atomiza el combustible líquido. Se llama carburador al dispositivo utilizado con este fin en los motores Otto. En los motores de varios cilindros el combustible vaporizado se conduce a los cilindros a través de un tubo ramificado llamado colector de admisión. Muchos motores cuentan con un colector de expulsión que transporta los gases producidos en la combustión. Cada cilindro toma el combustible y expulsa los gases a través de válvulas de cabezal o válvulas deslizantes. Un muelle mantiene cerradas las válvulas hasta que se abren en el momento adecuado, al actuar las levas de un árbol de levas rotatorio movido por el cigüeñal. En la década de 1980 este sistema de alimentación de una mezcla de aire y combustible se ha visto desplazado por otros sistemas más elaborados ya utilizados en los motores diesel. Estos sistemas, controlados por computadora, aumentan el ahorro de combustible y reducen la emisión de gases tóxicos.

Todos los motores tienen que disponer de una forma de iniciar la ignición del combustible dentro del cilindro. Por ejemplo, el sistema de ignición de los motores

Otto, llamado bobina de encendido, es una fuente de corriente eléctrica continua de bajo voltaje conectada al primario de un transformador. La corriente se corta muchas veces por segundo con un temporizador. Las fluctuaciones de la corriente del primario inducen en el secundario una corriente de alto voltaje, que se conduce a cada cilindro a través de un interruptor rotatorio llamado distribuidor. El dispositivo que produce la ignición es la bujía, un conductor aislado fijado a la pared superior de cada cilindro. La bujía contiene dos hilos separados entre los que la corriente de alto voltaje produce un arco voltaico que genera la chispa que enciende el combustible dentro del cilindro.

Dado que la combustión produce calor, todos los motores deben disponer de algún tipo de sistema de refrigeración. Algunos motores estacionarios de automóviles y de aviones y los motores fuera borda se refrigeran con aire. Los cilindros de los motores que utilizan este sistema cuentan en el exterior con un conjunto de láminas de metal que emiten el calor producido dentro del cilindro. En otros motores se utiliza refrigeración por agua, lo que implica que los cilindros se encuentran dentro de una carcasa llena de agua que en los automóviles se hace circular mediante una bomba. El agua se refrigera al pasar por las láminas de un radiador. En los motores navales se utiliza agua del mar para la refrigeración.



Vista lateral

figura 2.1.1. Esquema general de un motor diesel.

Al contrario que los motores y las turbinas de vapor, los motores de combustión interna no producen un par de fuerzas cuando arrancan, lo que implica que debe provocarse el movimiento del cigüeñal para que pueda iniciarse el ciclo (momento de una fuerza). Los motores de automoción utilizan un motor eléctrico (el motor de arranque) conectado al cigüeñal por un embrague o *clutch* automático que se desacopla en cuanto arranca el motor. Por otro lado, algunos motores pequeños se arrancan a mano girando el cigüeñal con una cadena o tirando de una cuerda que se enrolla alrededor del volante del cigüeñal. Otros sistemas de encendido de motores son los motores de inercia, que aceleran el volante manualmente o con un motor eléctrico hasta que tiene la velocidad suficiente como para mover el cigüeñal, y los iniciadores explosivos, que utilizan la explosión de un cartucho para mover una turbina acoplada al motor. Los iniciadores de inercia y los explosivos se utilizan

sobre todo para arrancar motores de aviones.

1.2.2.2.- Motores cíclicos Otto

El motor convencional del tipo Otto es de cuatro tiempos, es decir, que el ciclo completo del pistón tiene cuatro fases, dos hacia el cabezal cerrado del cilindro y dos hacia atrás. Durante la primera fase del ciclo el pistón se mueve hacia atrás mientras se abre la válvula de admisión. El movimiento del pistón durante esta fase aspira hacia dentro de la cámara la cantidad necesaria de la mezcla de combustible y aire. Durante la siguiente fase el pistón se mueve hacia la cabeza del cilindro y comprime la mezcla de combustible contenida en la cámara. Cuando el pistón llega hasta el final de esta fase y el volumen de la cámara de combustión es mínimo, la bujía se activa y la mezcla arde, expandiéndose y creando dentro del cilindro la presión que hace que el pistón se aleje; ésta es la tercera fase. En la fase final, se abre la válvula de escape y el pistón se mueve hacia la cabeza del cilindro para expulsar los gases, quedando preparado para empezar un nuevo ciclo.

La eficiencia de los motores Otto modernos se ve limitada por varios factores, entre otros la pérdida de energía por la fricción y la refrigeración. En general la eficiencia de un motor de este tipo depende del grado de compresión, la proporción entre los volúmenes máximo y mínimo de la cámara de combustión. Esta proporción suele ser de 8 a 1 o 10 a 1 en la mayoría de los motores Otto modernos.

Pueden utilizarse proporciones mayores, como de 12 a 1, aumentando así la eficiencia del motor, pero este diseño requiere la utilización de combustibles antichoque de alto octanaje. La eficiencia media de un buen motor Otto es de un 20 a un 25% (o sea, que sólo la cuarta parte de la energía calorífica se transforma en energía mecánica).

1.2.2.3.- Motores diesel

En teoría el ciclo diesel difiere del ciclo Otto en que la combustión tiene lugar a un volumen constante en lugar de a una presión constante. La mayoría de los motores diesel tienen también cuatro tiempos, si bien las fases son diferentes de las de los motores de gasolina. En la primera fase se absorbe solamente aire hacia la cámara de combustión. En la segunda fase, la de compresión, el aire se comprime a una fracción mínima de su volumen original y se calienta hasta unos 440 °C a causa de la compresión. Al final de la fase de compresión el combustible vaporizado se inyecta dentro de la cámara de combustión y arde inmediatamente a causa de la alta temperatura del aire. Algunos motores diesel utilizan un sistema auxiliar de ignición para encender el combustible para arrancar el motor y mientras alcanza la temperatura adecuada. La combustión empuja el pistón hacia atrás en la tercera fase, la de potencia. La cuarta fase es, al igual que en los motores Otto, la fase de expulsión.

La eficiencia de los motores diesel, que en general depende de los mismos factores que los motores Otto, es mayor que en cualquier motor de gasolina, llegando a superar el 40%. Los motores diesel suelen ser motores lentos con velocidades de cigüeñal de 100 a 750 revoluciones por minuto (r.p.m.), mientras que los motores Otto trabajan de 2.500 a 5.000 r.p.m. No obstante, algunos tipos de motores diesel pueden alcanzar las 2.000 r.p.m. Como el grado de compresión de estos motores es de 14 a 1 son por lo general más pesados que los motores Otto, pero esta desventaja se compensa con una mayor eficiencia y el hecho de que utilizan combustibles más baratos.

1.2.2.4.- Motores de dos tiempos

Con un diseño adecuado puede conseguirse que un motor Otto o diesel funcione a dos tiempos, con un tiempo de potencia cada dos fases en lugar de cada cuatro fases. La eficiencia de este tipo de motores es menor que la de los motores de cuatro tiempos, lo que implica que la potencia que producen es menor que la mitad de la que produce un motor de cuatro tiempos de tamaño similar.

El principio general del motor de dos tiempos es la reducción de la duración de los periodos de absorción de combustible y de expulsión de gases a una parte mínima de uno de los tiempos, en lugar de que cada operación requiera un tiempo completo. El diseño más simple de motor de dos tiempos utiliza en lugar de

válvulas de cabezal las válvulas deslizantes u orificios (que quedan expuestos al desplazarse el pistón hacia atrás). En los motores de dos tiempos la mezcla de combustible y aire entra en el cilindro a través del orificio de aspiración cuando el pistón está en la posición más alejada del cabezal del cilindro. La primera fase es la compresión, en la que se enciende la carga de mezcla cuando el pistón llega al final de la fase. A continuación el pistón se desplaza hacia atrás en la fase de explosión, abriendo el orificio de expulsión y permitiendo que los gases salgan de la cámara.

1.2.2.5.- Motor rotatorio

En la década de 1950 el ingeniero alemán Felix Wankel desarrolló un motor de combustión interna con un diseño revolucionario, que utilizaba un rotor triangular que gira dentro de una cámara ovalada, en lugar de un pistón y un cilindro. La mezcla de combustible y aire es absorbida a través de un orificio de aspiración y queda atrapada entre una de las caras del rotor y la pared de la cámara. La rotación del rotor comprime la mezcla, que se enciende con una bujía. Los gases se expulsan a través de un orificio de expulsión con el movimiento del rotor. El ciclo tiene lugar una vez en cada una de las caras del rotor, produciendo tres fases de potencia en cada giro. El motor de Wankel es compacto y ligero en comparación con los motores de pistones, por lo que ganó en importancia durante la crisis del petróleo en las décadas de 1970 y 1980. Además funciona casi sin vibraciones y su

sencillez mecánica permite una fabricación barata. No requiere mucha refrigeración, y su centro de gravedad bajo aumenta la seguridad en la conducción.

1.2.2.6.- El motor de carga estratificada

Una variante del motor de encendido con bujías es el motor de carga estratificada, diseñado para reducir las emisiones sin necesidad de un sistema de recirculación de los gases resultantes de la combustión y sin utilizar un catalizador. La clave de este diseño es una cámara de combustión doble dentro de cada cilindro, con una antecámara que contiene una mezcla rica de combustible y aire mientras la cámara principal contiene una mezcla pobre. La bujía enciende la mezcla rica, que a su vez enciende de la cámara principal. La temperatura máxima que se alcanza es suficiente como para impedir la formación de óxidos de nitrógeno, mientras que la temperatura media es la suficiente para limitar las emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburos.

1.2.3.- Energía Eléctrica: Baterías, Volantes de Inercia, Pilas de Combustible.

Estudiaremos ahora los sistemas de almacenamiento de energía que se encuentran más desarrollados.

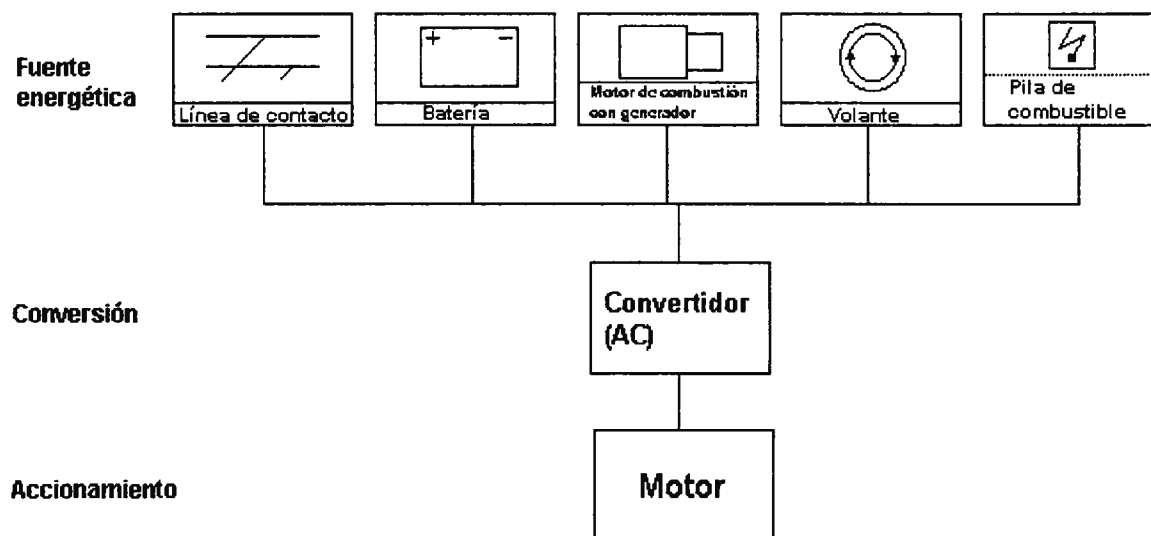


figura 2.2.1. Accionamientos de tracción para autobuses.

1.2.3.1.- Las Baterías.

Las grandes empresas trabajan actualmente en este sistema de almacenamiento y producción de energía, si bien todavía no existen milagros si podemos considerar soluciones que, en caso de pasar a la producción en gran serie, pueden ser

perfectamente válidas.

Una batería ideal debe tener:

- Una potencia másica elevada (calculada en W/kg.) para permitir las aceleraciones.
- Una energía másica elevada (calculada en Wh/kg.) para darle autonomía al vehículo, cuanto más alta sea menor espacio peso conlleva.
- Una tensión estable, para garantizar la regularidad de las prestaciones con baja resistencia interna.
- Una larga vida útil (calculada en número de ciclos de carga-descarga), para reducir el coste de explotación.
- Por último, debe requerir un mantenimiento mínimo e incluso nulo.

Tras haber experimentado un sinfín de componentes químicos y metales pesados, se están perfeccionando siete diferentes sistemas básicos, algunos de ellos en producción y los demás a punto de entrar en fabricación. El aumento de la demanda y la aceptación por parte de los usuarios regularía su precio, de momento muy elevado debido a su fabricación todavía limitada.

Batería Plomo/Ácido (Pb)

Esta es la batería que más desarrollada (figura 2.2.2.) se encuentra en la actualidad y a su vez la que peores perspectivas de futuro posee, pues consideramos que en cuanto a desarrollo a nivel de peso/potencia está llegando a su fin. No obstante, de momento, gana a todos los demás sistemas de almacenamiento por su precio económico, gracias a su gran producción.

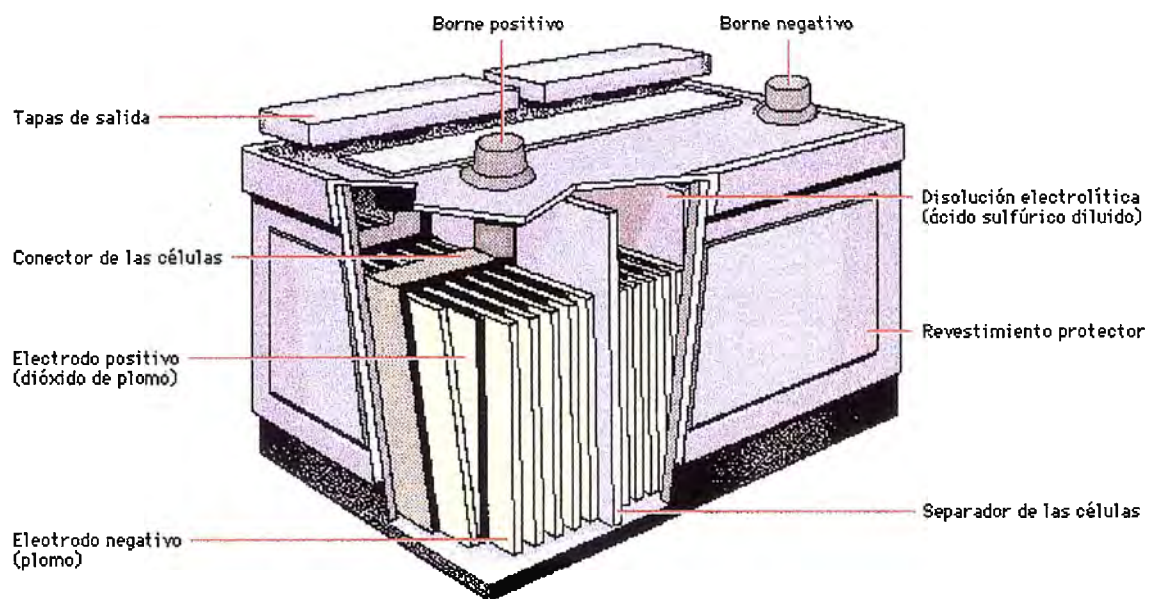


figura 2.2.2. Acumulador de plomo.

Dentro de este tipo de baterías nos encontramos con dos grandes familias, los acumuladores abiertos con electrolito líquido y los acumuladores herméticos, en las que a su vez tenemos que diferenciar entre la tecnología del electrodo positivo, con

placa plana, y la del electrodo tubular.

	Electrolito (ácido sulfúrico)	Electrodo	Aplicaciones principales
Acumulador abierto	Líquido en Exceso	• Placas Planas • Electrodo Tubular	• arranque-regimen estacionario. • tracción-regimen estacionario.
Acumulador hermético	Inmovilizado	Placas Planas	Tracción ligera y coche eléctrico.

figura. 2.2.3. : Baterías de plomo, familias y tecnologías

El acumulador abierto es la pila clásica de plomo, pero el hermético, más reciente, permite el consumo de agua y reducir la contaminación al llevar ligado un menor emisión de gases, pues en éste se produce una recombinación casi total de los mismos.

En el hermético el electrolito está inmovilizado en forma de gel, lo cual impide que fluya y le permite funcionar en cualquier posición con la ventaja añadida de que no necesita ningún tipo de mantenimiento.

Las placas planas poseen una superficie de intercambio más grande, con lo que se logran potencias superiores con respecto a los electrodos tubulares cuya duración de vida y costes son más importantes.

Además de estos tipos existe una batería particularmente adaptada al coche eléctrico,

la batería Dryfit de tecnología plomo-gel. Se trata de un electrolito solidificado añadiendo sílice al ácido sulfúrico. Lo que permite un funcionamiento óptimo de los electrodos en toda la altura. Incluso, además de los escasos escapes de gases, hay mucho menos envejecimiento que en la baterías clásicas.

Además de un precio más que ventajoso (para una misma cantidad de baterías producidas, la de níquel/cadmio, que comentaremos en breve, sale a 50.400 ptas./kWh con respecto a 16.800 ptas/kWh para la de plomo), el par plomo/ácido tiene otras ventajas, como son la disponibilidad del plomo, su fácil reciclaje (actualmente el 80% está reciclado) y su rentabilidad.

La densidad de energía está limitada y existe una reducción de potencia al final de la descarga y una reducción de capacidad a bajas temperaturas. Por eso este tipo de baterías, cuya utilidad como propulsor de un vehículo crece en relación con el tamaño de aquel, debido a su peso, puede mejorar sus rendimientos mejorando la técnica de carga, respetando la temperatura y la corriente, o aplicando un recombinador.

Para garantizar un funcionamiento óptimo de estas baterías es importante considerar el sistema de energía donde va a actuar, es decir, vigilar algunos factores importantes como pueden ser el equilibrio térmico y eléctrico y las descargas y las cargas. Algunos estudios han demostrado que su duración podía duplicarse si se vigilaban estos factores.

Actualmente se están buscando mayores rendimientos ensayando con la relación entre el grosor de las rejillas (mayor grosor significa más concentración de energía) y la cantidad de recargas que permiten, ya que cuanto más gruesas sean, menos duración tienen.

Otra vía es la tecnología bipolar. Su objetivo es superar la barrera de los 50Wh/kg al acumulador. En este tipo de baterías cada electrodo es positivo en una cara y negativo en la otra. Los electrodos son apilados hasta obtener la tensión deseada. Eso implica una mejora sustancial de peso con respecto a las baterías clásicas.

Por último cabe comentar que las desventajas de estas baterías no sólo basan en su peso, sino también en el uso del plomo, un material no inagotable.

Batería de Níquel/Cadmio y Níquel/Hidrido (NiCd y NiH)

Este tipo de baterías alcalinas no son de nuevo descubrimiento, pero actualmente están volviendo a tener interés en el mundo de los vehículos eléctricos gracias a sus relevantes ventajas.

Las grandes desventajas son el precio y el alto grado de toxicidad del Cadmio, lo que exige un control total sobre el reciclaje.

El primer problema no tiene solución ya que la batería significa la mayor parte del precio del vehículo. Parece indicar que estas baterías no serán las adecuadas para nuestro autobús pues es de suponer que encarecerían muchísimo su precio.

Para el segundo problema se ha encontrado un remedio. El Cadmio se obtiene a partir del mineral de zinc durante su fase de purificación (la producción mundial anual de cadmio es de 20.000 toneladas) y es estable en medio básico, es decir no peligroso para el usuario.

Como hemos visto antes, se recicla el cadmio para mantener un abastecimiento conforme a las necesidades. El procedimiento es simple, con medios químicos o térmicos, y permite recuperar el 100% del cadmio, aunque de momento sólo el 90% se somete a reciclado.

No obstante, a causa de su grado de toxicidad, evitar este metal y buscar otra alternativa menos contaminante es el reto de muchas compañías.

Actualmente baterías de Níquel/Hidrógeno pueden reemplazar a las de cadmio, aventajándolas en sus ciclos de recargas y en la densidad gravimétrica y volumétrica de la energía.

Su gran desventaja se basa en el mayor grado de *descarga propia* y su menor

resistencia a bajas temperaturas, aunque permite alcanzar mayores velocidades con el mismo radio de acción.

Ambos sistemas están adaptados a cargas rápidas, lo que facilitaría su uso en el vehículo eléctrico de uso privado. Característica que en principio no nos influye mucho pues nosotros emplearíamos la noche para recargar las baterías de nuestro vehículo.

Pareja:	Plomo tubular abierto	Plomo Hermético	Ni/Cd	Ni/Fe	Ni/MH	Zn/Br ₂	Na/S
Tipo:	3ET205	6V160	STM 5200	NIF 200	CCELL	ZBB/5/48	PB
Constructor:	Chloride	Sonnensch- ein	Saft	Eagle Picher	Ovonic	Sea	Chloride
Energía másica medida: (Wh/kg.)	33	32	57.5	51	53	67	61
Energía Volumétrica med: (Wh/dm³)	70	65	104	90	85	70	75
Tiempo de Carga (h):	8	8	6.5	10	11	7	10
Coef. de sobrecarga (%):	15-20	1	13	40	9	7	10
Rto. Energético (%):	68	89	76	58	80	75	91
Potencia másica (W/kg):	93	127	191	112	174	53	98
Duración de vida (ciclos):	1000	500	2000	1500	?	200	600

Para terminar con estas baterías, parece interesante el compararlas con la batería de plomo/ácido haciendo uso del cuadro del final.

Vemos que los sistemas alcalinos destacan por su rápida carga, su duración de vida (dos veces más que la batería de plomo/ácido) y sus buenas cualidades para trabajar a temperatura baja y corriente alta.

La energía másica es importante, lo que implica para el coche un menor espacio y peso, cualidad que nos viene muy bien para el tipo de vehículo que estamos estudiando

Batería de Zinc/Bromo

Esta batería funciona con componentes activos líquidos, almacenados en depósitos diferentes y que llegan a su destino mediante una bomba.

Permite descargas completas sin daños y se puede fabricar -en teoría- a un precio muy económico, ya que ni su tecnología resulta muy difícil ni los materiales empleados difíciles de obtener. No obstante, el bromo es muy corrosivo y venenoso.

Batería de Litio

El nuevo sistema *swing*, en desarrollo por la compañía alemana Varta, se basa en una

batería de litio recargable.

Hasta ahora las baterías de litio se tiraban después del uso, nada aceptable para su aplicación en un vehículo eléctrico. Varta reemplazó los electrodos metálicos de litio por estructuras de carbono de dos dimensiones , que atraen a los iones de litio.

Las grandes ventajas de este nuevo sistema son el muy reducido peso de la batería, una buena densidad de energía y un tiempo de sólo una hora para la recarga total. Además destaca por su larga vida.

Hasta ahora no se ha llegado a una producción de serie, pero toda la estructura y los elementos básicos necesarios prometen un precio muy razonable. Su única desventaja de momento es el control de la batería, que no aguanta ni descargas completas ni sobrecargas, lo que obliga a desarrollar un sistema electrónico para su control.

Batería de alta temperatura sodio/azufre

Las baterías de altas temperaturas (sodio/azufre o sodio/cloruro/níquel) trabajan con metales que se licúan a altas temperaturas (300-350 °C), separados por una pared de cerámica de buena conductibilidad. Una desventaja salta a la vista: mantener el alto grado de temperatura también si no se usa la batería.

Pero, así confirma la empresa suiza/alemana ABB (Asea Brown Boveri), que acaba de introducir esta batería en el mercado, “la temperatura en el interior de la batería está garantizada por un aislamiento al vacío al estilo de los termos; además, no necesita manutención ninguna y permite el reciclaje en un 97.5%”.

Las prestaciones son espectaculares. Un vehículo alcanza un radio de acción de entre 200 y 500 kilómetros a velocidades que pueden llegar a los 120 km/h. Se habla de una aceleración de siete segundos de 0-50 km/h. ABB hace hincapié en que el sistema no sólo pueda utilizarse como acumulador de energía eléctrica, sino también térmica, lo que se interpreta que el calor de la batería podría calentar el interior del vehículo.

Sus más relevantes desventajas, de momento, son su alto precio, que sólo bajaría si se llegase a una producción masiva, y el gasto adicional de energía para alcanzar la temperatura necesaria después de unos días sin uso. Se recomienda, por lo tanto, no dejar enfriar la batería, lo que la hace más apropiada para vehículos en continuo movimiento como los de transporte público.

Nuevo en el campo de las baterías de alta temperatura es el acumulador de la empresa alemana AEG. La batería ‘Zebra’ sólo contiene níquel y cloruro sódico que en la carga se transforman en sodio y níquel-cloruro. Según las informaciones propias de AEG, la capacidad de almacenamiento de esta batería es cuatro veces

mayor que la de una batería normal, además tiene una vida de cinco años o 100.000 kilómetros, su radio de acción es de unos 300 kilómetros.

1.2.3.2.- Volantes de inercia, Flywheel System.

Se trata de una fuente de energía secundaria que puede ayudar a la fuente de energía principal.

El ingeniero de la NASA, Jack Bitterly, después de haber utilizado volantes de inercia de poca energía en satélites, para su uso como acumulador de energía y giroscopio estabilizador , está realizando pruebas con un sistema equivalente para automóviles.

La idea se basa en utilizar el volante de inercia como acumulador de energía; por lo tanto se acumula la energía mecánicamente, no por un proceso químico.

Este volante tiene que ser ligero y compacto, y a su vez de un material que permita velocidades de 50.000 a 200.000 revoluciones por minuto. Se propone utilizar una fuerte fibra como el kevlar, bobinado en varias capas y a su vez incrustado en resina epoxy, todo ello dentro de una envuelta en la que se ha hecho el vacío.

Según los datos de la Flywheel System Inc., un acumulador de este tipo costaría

alrededor de 5.500 dólares para un vehículo tipo Impact de General Motors, y tendría una vida de unos 320.000 kilómetros.

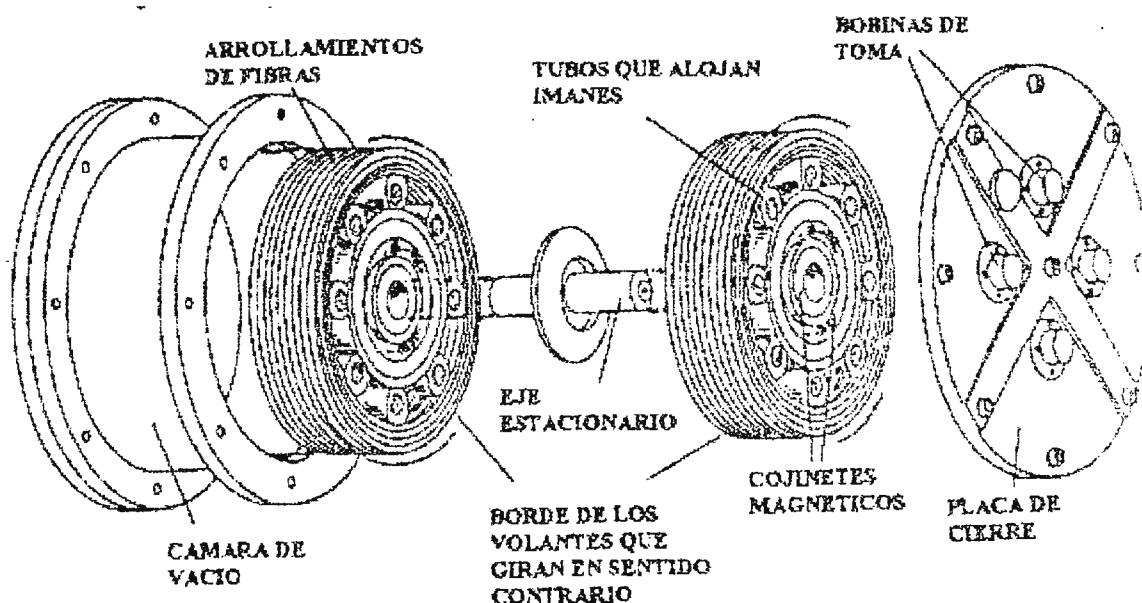


figura 2.2.4.: El Flywheel System (stephane)

La empresa alemana Magnet Motor trabaja con el “Flywheel System” desde hace unos años y ha realizado pruebas en autobuses urbanos, que llevan un motor de ciclo diesel, que carga el sistema. Una vez cargado a sus máximas revoluciones, se apaga el motor diesel y el autobús sólo funciona con el sistema “flywheel”, que pierde en una hora el 20% de su eficacia.

EXCITACION MAGNETICA

POTENCIA NOMINAL : $P = 150 \text{ kW}$

PAR MAXIMA : $M_d = 1000 \text{ Nm (pico)}$
 $= 800 \text{ Nm (continua)}$

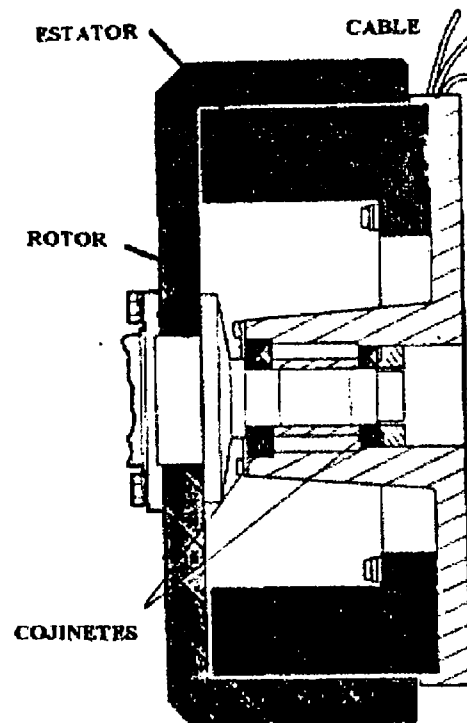


figura 2.2.5. Flywheel de Magnet Motor (Stephane)

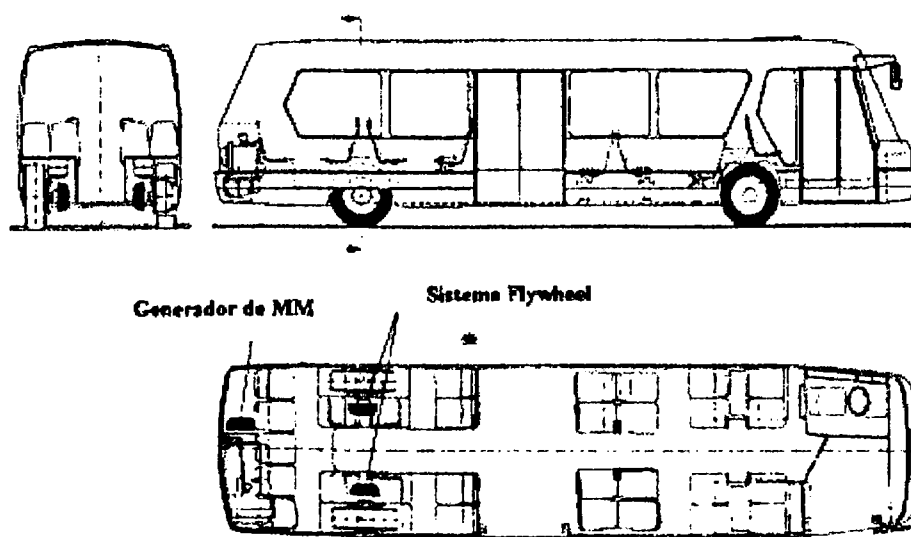


figura 2.2.6. El Flywheel en un autobús.

1.2.3.3.- Pilas de combustible.

Es una de las tecnologías con más futuro en el campo de los vehículos eléctricos. Se trata de un convertidor electroquímico capaz de producir electricidad a partir de hidrógeno y oxígeno, de cuya combustión sólo resulta agua. El hidrógeno que alimenta a la pila se conserva, en forma líquida y a presión normal, en un receptáculo criogénico de tipo termo. Es un 100% limpio.

Teóricamente este sistema de propulsión consume menos combustible que un motor de combustión convencional. Con una batería compuesta por células individuales y una capacidad máxima de 0.2 watios cada una, se consigue una eficacia del 50% (un Diesel no sobrepasa el 44 por ciento).

A pesar de todo, el consumo de energía de los grupos auxiliares para la compresión y humectación del aire, la gestión y refrigeración del sistema, todavía sigue siendo muy alto. Por esta razón, para conseguir una potencia idéntica a la de un motor convencional, la pila de hidrógeno tendría que pesar diez veces más. Otro inconveniente es el elevado coste, ya que, entre otros elementos, se utilizan recubrimientos especiales de platino.

1.2.4.- Pilas de Combustible.

1.2.4.1.- Generación química de energía eléctrica.

La Célula o Pila de Combustible o Célula de Fuel (Fuel Cell) fue la consecuencia natural de la reversibilidad de la electrólisis. Si bien nos suena como un invento revolucionario y actual, fue inventada por William Grove en 1839. Durante muchos años olvidada, los investigadores han vuelto sus ojos hacia la pila de combustible como consecuencia de las exigencias de la Sociedad en logro de nuevas fuentes transformadoras de energía ecológicas, que reduzcan a eliminen la contaminación atmosférica.

Si los alternadores son generadores que transforman la energía mecánica en eléctrica, muy bien podríamos llamar generadores químicos a los equipos que transforman energía química en eléctrica. No por acumulación, sino por combustión del hidrógeno almacenado en el vehículo.

Para no crear más confusión llamaremos en adelante pilas de combustible a aquellos equipos que producen energía eléctrica consumiendo un combustible, que puede ser hidrógeno con electrolito alcalino o polímero sólido, carbón y gas natural con procesamiento externo y electrolito de ácido fosfórico (PO_4H_3), carbón y gas natural con procesamiento interno y electrolito de carbonato de litio (CO_3Li_2) más carbonato potásico (CO_3K_2), carbón y gas natural con procesamiento interno y electrolito de

óxido de circonio dopado con itrio, etc. En todos los casos el oxidante es el oxígeno o aire. Las temperaturas de trabajo son respectivamente de 80, 200, 650 y 1000 grados centígrados.

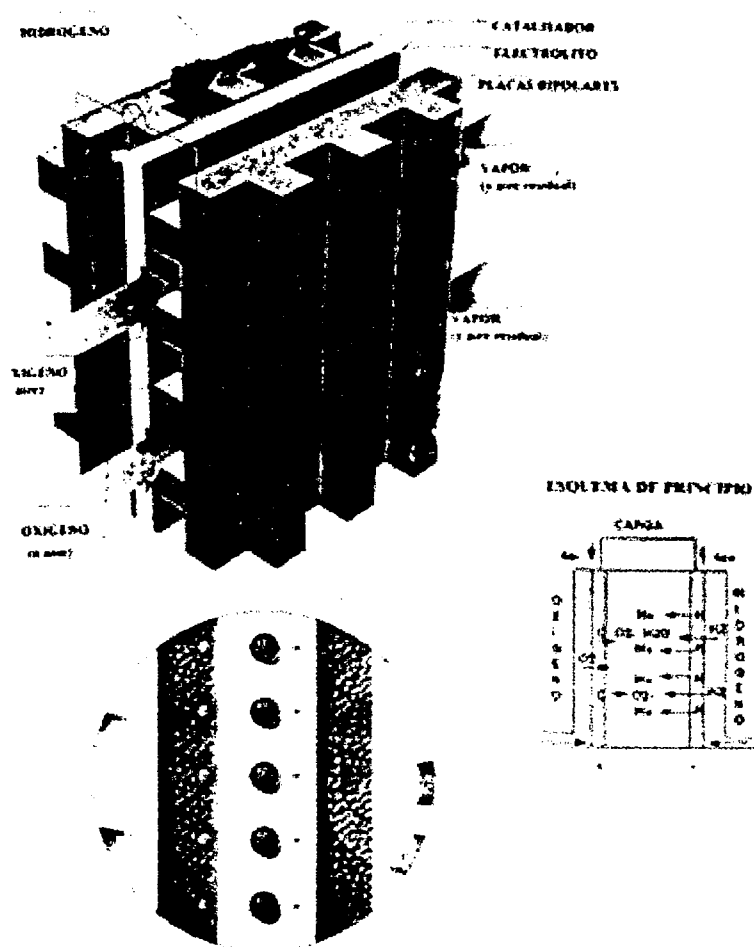


figura 2.3.1. Esquema de la pila de combustible.

Las pilas de combustible son elementos galvánicos que transforman la energía química en eléctrica. Dicha energía es obtenida mediante una reacción de oxidación (combustión), residiendo su particularidad, en la reducción independiente del

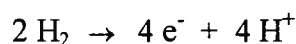
combustible y el oxidante en electrodos independientes.

1.2.4.2.- Pila de combustible hidrógeno/aire.

El componente central está formado por el bloque de pilas de combustible a base de Membranas de Intercambio de Protones, MIP (PEM, Proton-Exchange-Membrane).

El proceso electroquímico que tiene lugar en cada elemento de la pila es el siguiente:

El hidrógeno entra en el ánodo, disociándose cada dos moléculas de H₂ del siguiente modo:



Es decir, que al perder cada átomo de hidrógeno su único electrón, resultan 4 iones de hidrógeno.

Recordemos, que cada átomo de hidrógeno tiene una sola órbita y un sólo electrón en la misma. Además, la molécula de hidrógeno es biatómica compartiendo los dos electrones y tomando una configuración estable similar a la del gas noble helio; siendo al mismo tiempo, el número máximo de electrones admisible en esta primera órbita.

La parte central, que separa ambos electrodos, puede ser un electrolito (hidróxido potásico, por ejemplo), que sirve de vehículo a los iones de hidrógeno, o un polímero sólido permeable a los citados iones.

Los electrones libres salen del ánodo al ser su potencial más elevado que el del cátodo. Estos electrones forman la corriente de carga en el circuito exterior.

Veamos seguidamente lo que sucede en el cátodo:

Al cátodo le entra el oxígeno, toma electrones que le llegan del circuito exterior procedentes del ánodo y se convierten en iones negativos de oxígeno (cada átomo de oxígeno, con seis electrones en su órbita exterior, toma dos electrones para llegar a los ocho que, como máximo, admite dicha órbita con configuración estable similar a la del gas noble neón).



Es decir, que se ha establecido un circuito eléctrico entre el ánodo y el cátodo, entrando en la pila de combustible el hidrógeno por un polo y el oxígeno por el otro. Los subproductos son agua y calor, como consecuencia de la reacción de oxidación. La temperatura de reacción es de unos 80°C.

La característica más importante de los elementos que configuran una pila de

combustible es la relación tensión-intensidad (**figura 2.3.2**). El valor teórico de la tensión por elemento es de 1.48 V., pero la tensión medible en vacío es del orden de 1 V. Ello implica, al igual que en las pilas galvánicas, la conexión de numerosos elementos en serie y en paralelo para lograr la tensión e intensidad deseada por la pila de combustible.

La tensión útil decrece con la carga al producirse una caída parcial, por polarización del cátodo y el resto de la caída de tensión debido a la resistencia óhmica o carga del circuito exterior.

El rendimiento es notable, al lograrse valores comprendidos entre el 60 y el 70% para las potencias que se manejan en automoción. En las pilas de combustible no existe limitación en el rendimiento por el factor de Carnot, al contrario de lo que ocurre en los motores de combustión interna.

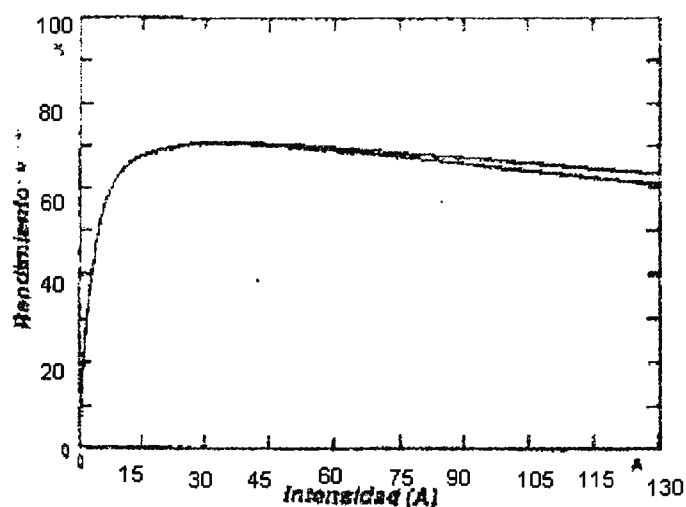


figura 2.3.2 Rendimiento total de la pila de combustible.

1.2.4.3.- Comportamiento en Carga.

Cuando la pila es conectada a una carga se alcanzan en unos cinco segundos la tensión e intensidad solicitadas, independientemente de la temperatura del electrolito (figura 2.3.3.).

El crecimiento de la tensión sólo depende de la velocidad con que se combinan los gases. La maniobra en carga resulta en principio posible.

La tensión de la pila de combustible sigue espontáneamente a las variaciones de carga con un retardo inferior a los 100 ms. (figura 2.3.3.).

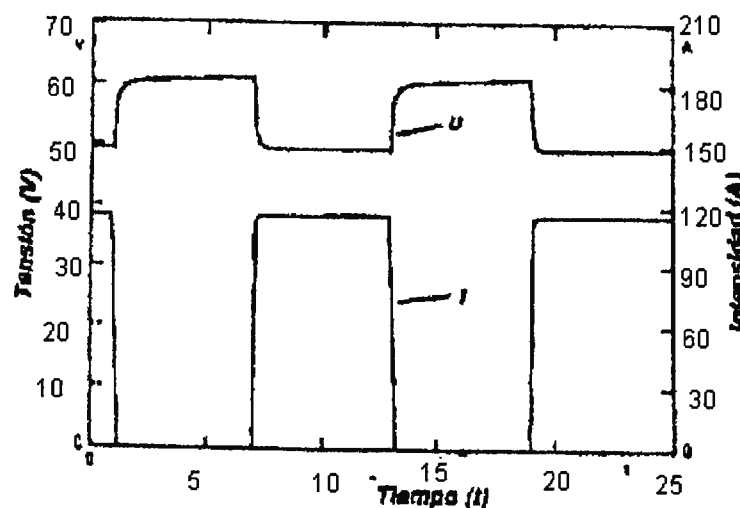


figura 2.3.3. Comportamiento de la pila ante las variaciones de carga.

En caso de cortocircuito, la desconexión de la pila se produce mediante la vigilancia de tensión interna (figura 2.3.4.). En este caso concreto, la intensidad máxima de cortocircuito alcanza 1300A., bajando a unos 200 A. en 1 segundo como consecuencia de la caída de tensión (intensidad de partida 100 A.).

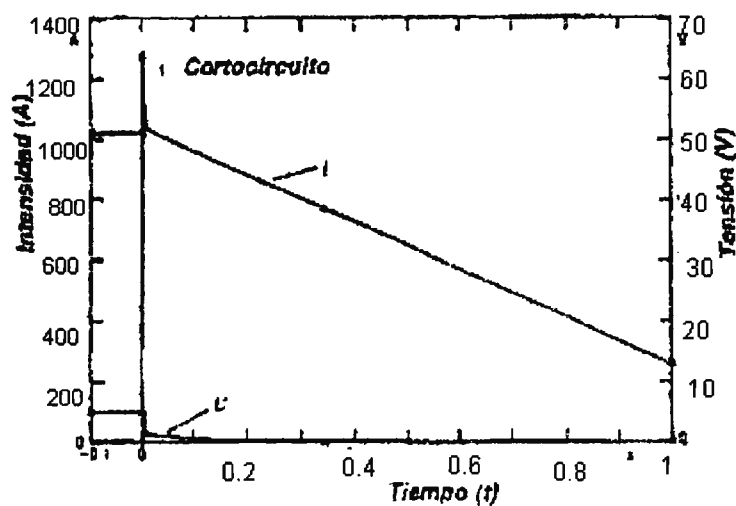


figura 2.3.4. Comportamiento de la pila de combustible en caso de cortocircuito.

1.2.4.4.- Vehículos Eléctricos.

Los vehículos eléctricos son una realidad desde hace muchos años. Su gran problema es el almacenamiento de energía mediante baterías de acumuladores. El elevado peso y la reducida autonomía los han relegado a aplicaciones especiales; por

ejemplo, donde se exigen bajos niveles acústicos y contaminación nula.

El automóvil eléctrico ideal será aquel que reposte combustible con las facilidades que se ofrecen al automóvil de gasolina y que tenga una autonomía equivalente. Ello será posible con las pilas de combustible que utilicen hidrógeno y, posteriormente con pilas que funcionen con un combustible líquido sin problemas de almacenaje en el propio automóvil particular (por ejemplo, con metanol, ya en proceso de investigación).

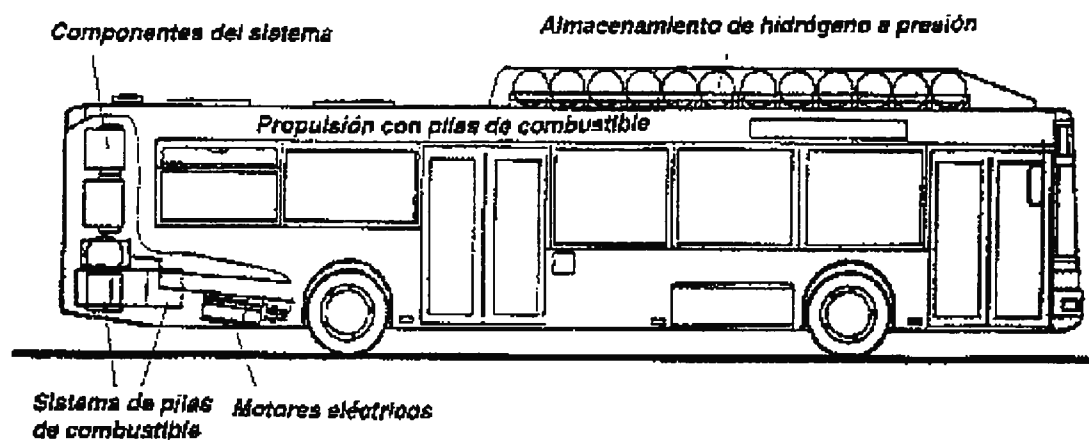


Figura 2.3.5. Ejemplo de colocación de pilas de combustible en un autobús.

1.2.5.- Máquinas Eléctricas. Distintos tipos de generadores.

Las máquinas eléctricas son el resultado de una aplicación inteligente de los principios del electromagnetismo y en particular de la ley de inducción de Faraday. Las máquinas eléctricas se caracterizan por tener circuitos eléctricos y magnéticos entrelazados. Durante todo el proceso histórico de su desarrollo, desempeñaron un papel rector, que determinaba todo el funcionamiento de toda energía eléctrica, merced a su aplicación en los campos de la generación, transporte, distribución y utilización de la energía eléctrica.

Las máquinas eléctricas realizan una conversión de la energía de una forma a otra, una de las cuales, al menos, es eléctrica. En base a este punto de vista, estrictamente energético, es posible clasificarlas en tres tipos fundamentales (dos de ellas rotativas):

GENERADOR: Que transforma la energía mecánica en eléctrica. La acción se desarrolla por el movimiento de una bobina en un campo magnético, resultando una f.e.m. inducida que al aplicarla a un circuito externo, produce una corriente que interacciona con el campo y desarrolla una fuerza mecánica que se opone al movimiento. En consecuencia el generador necesita una energía mecánica de entrada para producir la energía eléctrica correspondiente.

MOTOR: Que transforma la energía eléctrica en mecánica. La acción se desarrolla introduciendo una corriente en la máquina por medio de una fuente externa, que interacciona con el campo produciendo un movimiento de la máquina; aparece entonces una f.e.m. inducida que se opone a la corriente y que por eso se denomina fuerza contraelectromotriz. En consecuencia el motor necesita una energía eléctrica de entrada para producir la energía mecánica correspondiente.

TRANSFORMADOR: Que transforma la energía eléctrica de entrada (de c.a.) con determinadas magnitudes de tensión y corriente en otra energía eléctrica de salida (de c.a.) con magnitudes diferentes.

En términos generales, una máquina eléctrica rotativa se compone de dos partes (como se indica en la figura 2.4.1.). Hay una parte fija que se denomina estator y que tiene forma cilíndrica: en el caso de máquinas de gran velocidad, dicho cilindro es largo en comparación con su diámetro, mientras que para los de pequeña velocidad es relativamente corto. En la cavidad del estator, se coloca el rotor que, como su nombre indica, es la parte giratoria de la máquina. El rotor se monta en un eje que descansa en los rodamientos o cojinetes, éstos pueden estar montados en sendos pedestales que se apoyan en la bancada, o forman parte de las culatas o tapas que están sujetas a la carcasa del estator. El espacio de aire que separa el estator del rotor, necesario para que pueda girar la máquina, se denomina entrehierro, siendo el campo magnético existente en el mismo, el que constituye el medio de acoplamiento

entre los sistemas eléctrico y mecánico.

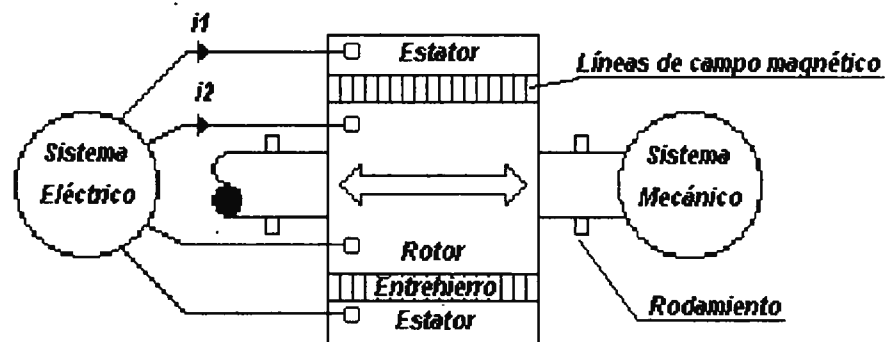


figura 2.4.1. Esquema básico de una máquina eléctrica.

Normalmente tanto en el estator como en el rotor existen devanados hechos con conductores de cobre por los que circulan corrientes suministradas o cedidas a un circuito exterior que constituyen el sistema eléctrico. Uno de los devanados tiene por misión crear un flujo en el entrehierro y por eso se denomina inductor, y también excitación o campo. El otro devanado recibe el flujo del primero y se inducen en él corrientes que se cierran por el circuito exterior y se denomina inducida. Lo mismo puede situarse el inductor en el estator y el inducido en el rotor o viceversa, lo que realmente cuenta, es el movimiento relativo entre ambos devanados y teóricamente pueden elegirse cualquiera de ambas soluciones, aunque en la práctica, su situación la determinan las condiciones tecnológicas de facilidad de construcción, aislamiento, refrigeración, etc..

1.2.5.1.- Máquinas Síncronas.

Las máquinas síncronas son máquinas eléctricas cuya velocidad de rotación n (r.p.m.) está vinculada rígidamente con la frecuencia f de la red de corriente alterna con la cual trabaja, de acuerdo con la expresión:

$$n = \frac{60 \times f}{p}$$

donde p es el número de pares de polos de la máquina.

Las máquinas síncronas, como cualquier otro convertidor electromecánico de la energía, están sometidos al principio de reciprocidad electromagnética, pudiendo funcionar tanto en régimen generador como en régimen motor. En la práctica de las instalaciones eléctricas, es más frecuente su empleo como generadores, para producir energía eléctrica de corriente alterna (alternadores) en las centrales eléctricas a partir de fuentes primarias de energía hidráulica, térmica o nuclear.

Las dos versiones clásicas de las máquinas síncronas son las de polos salientes, empleadas en las centrales hidráulicas, y de polos lisos o rotor cilíndrico, que se utilizan en las centrales térmicas (convencionales o nucleares).

Las máquinas síncronas, al igual que los demás tipos de máquinas eléctricas, están constituidas por dos devanados independientes, uno de ellos llamado inductor, alimentado por corriente continua y da lugar a los polos de la máquina, y el otro

llamado inducida formado por un arrollamiento trifásico recorrido por corriente continua.

En las máquinas pequeñas, para potencias que no superan las 10kVA, el devanado inductor se coloca normalmente en el estator, en forma concentrada, estando situado el inducido en el rotor formando generalmente tres fases las cuales tienen salida el exterior por medio de tres anillos.

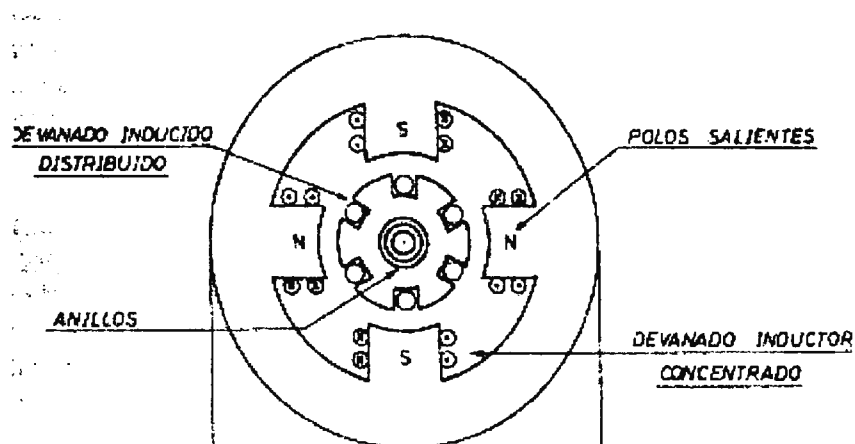


figura 2.4.2. Máquina Eléctrica con el devanado inductor en el estator.

En las máquinas síncronas grandes, que para el caso de alternadores pueden llegar a 1000-1500 MVA, la colocación de los devanados es inversa a la anterior, de tal forma que los polos quedan situados en el rotor y el devanado trifásico en el estator. En este caso la estructura del rotor se fabrica en dos versiones distintas, ya sea en forma de polos salientes (figura 2.4.3a), ya sea en forma de polos lisos o rotor

cilíndrico (figura 2.4.3b). La elección entre ambos tipos viene impuesta por la velocidad de rotación de la máquina, la cual depende a su vez del tipo de motor primario que la hace girar y así se distinguen los turbogeneradores, hidrogeneradores y los generadores diesel. Estos últimos están movidos por medio de motores de combustión interna a velocidades que no superan las 1500 r.p.m., habiéndose construido unidades con potencias próximas a los 20 MVA.

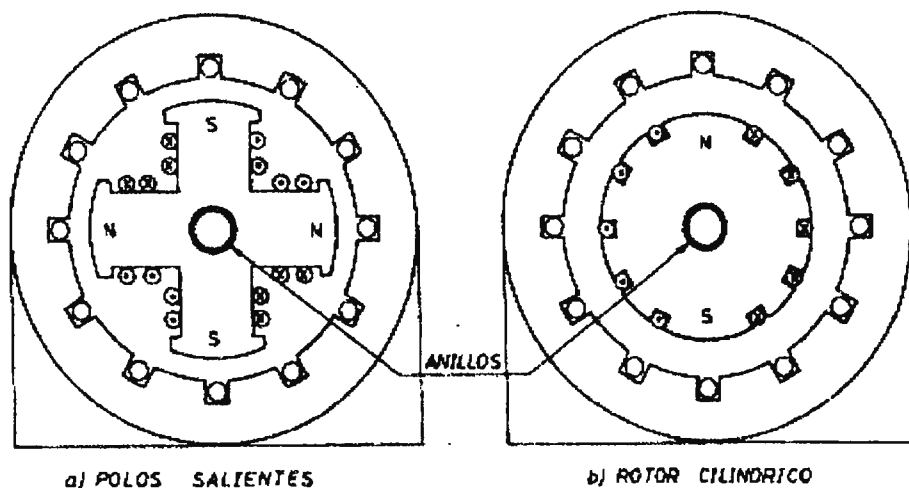


figura 2.4.3. Distintas versiones del rotor.

1.2.5.2.- Máquinas de corriente continua.

Las máquinas de corriente continua tienen gran importancia porque su empleo como generadores o dinamos representó el primer procedimiento para producir energía

eléctrica a gran escala.

Si una armadura gira entre dos polos de campo fijos, la corriente en la armadura se mueve en una dirección durante la mitad de cada revolución, y en la otra dirección durante la otra mitad. Para producir un flujo constante de corriente en una dirección, o continua, en un aparato determinado, es necesario disponer de un medio para invertir el flujo de corriente fuera del generador una vez durante cada revolución. En las máquinas antiguas esta inversión se llevaba a cabo mediante un conmutador, un anillo de metal partido montado sobre el eje de una armadura.

Las dos mitades del anillo se aislaban entre sí y servían como bornes de la bobina. Las escobillas fijas de metal o de carbón se mantenían en contra del conmutador, que al girar conectaba eléctricamente la bobina a los cables externos. Cuando la armadura giraba, cada escobilla estaba en contacto de forma alternativa con las mitades del conmutador, cambiando la posición en el momento en el que la corriente invertía su dirección dentro de la bobina de la armadura. Así se producía un flujo de corriente de una dirección en el circuito exterior al que el generador estaba conectado. Los generadores de corriente continua funcionan normalmente a voltajes bastante bajos para evitar las chispas que se producen entre las escobillas y el conmutador a voltajes altos. El potencial más alto desarrollado para este tipo de generadores suele ser de 1.500 V. En algunas máquinas más modernas esta inversión se realiza usando aparatos de potencia electrónica, como por ejemplo rectificadores de diodo.

Los generadores modernos de corriente continua utilizan armaduras de tambor, que suelen estar formadas por un gran número de bobinas agrupadas en hendiduras longitudinales dentro del núcleo de la armadura y conectadas a los segmentos adecuados de un conmutador múltiple. Si una armadura tiene un solo circuito de cable, la corriente que se produce aumentará y disminuirá dependiendo de la parte del campo magnético a través del cual se esté moviendo el circuito. Un conmutador de varios segmentos usado con una armadura de tambor conecta siempre el circuito externo a uno de cable que se mueve a través de un área de alta intensidad del campo, y como resultado la corriente que suministran las bobinas de la armadura es prácticamente constante. Los campos de los generadores modernos se equipan con cuatro o más polos electromagnéticos que aumentan el tamaño y la resistencia del campo magnético. En algunos casos, se añaden interpolos más pequeños para compensar las distorsiones que causa el efecto magnético de la armadura en el flujo eléctrico del campo.

Los generadores de corriente continua se clasifican según el método que usan para proporcionar corriente de campo que excite los imanes del mismo. Un generador de excitado en serie tiene su campo en serie respecto a la armadura. Un generador de excitado en derivación, tiene su campo conectado en paralelo a la armadura. Un generador de excitado combinado tiene parte de sus campos conectados en serie y parte en paralelo. Los dos últimos tipos de generadores tienen la ventaja de suministrar un voltaje relativamente constante, bajo cargas eléctricas variables. El

de excitado en serie se usa sobre todo para suministrar una corriente constante a voltaje variable. Un magneto es un generador pequeño de corriente continua con un campo magnético permanente.

Sin embargo, actualmente, su uso ha decaído debido a que la corriente alterna presenta más ventajas para la generación, transporte y distribución de la energía eléctrica por su sencillez y economía al usar transformadores para convertir las tensiones de un valor a otro.

Por el contrario el modo de funcionamiento más característico de las máquinas de c.c. lo constituye su empleo como motor (figuras 2.4.4. y 2.4.5.). La ventaja fundamental de los motores de c.c. frente a los de c.a. se debe a su mayor grado de flexibilidad para el control de la velocidad y del par, lo cual hace muy interesante su aplicación en diversos accionamientos industriales: trenes de laminación, telares, tracción eléctrica, etc.

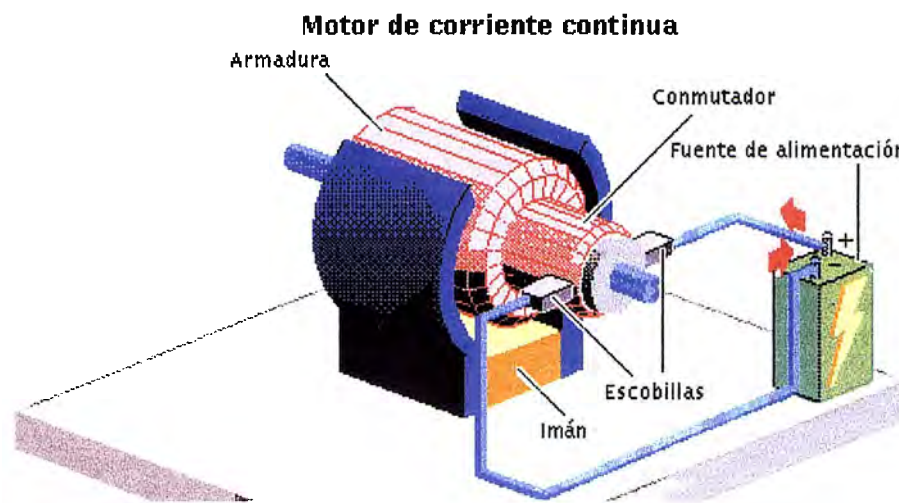


figura 2.4.4. Esquema de un motor de corriente continua

En general, los motores de corriente continua son similares en su construcción a los generadores. De hecho podrían describirse como generadores que funcionan al revés. Cuando la corriente pasa a través de la armadura de un motor de corriente continua, se genera un par de fuerzas por la reacción magnética, y la armadura gira (figura 2.4.5.). La acción del conmutador y de las conexiones de las bobinas del campo de los motores son exactamente las mismas que usan los generadores. La revolución de la armadura induce un voltaje en las bobinas de ésta. Este voltaje es opuesto en la dirección al voltaje exterior que se aplica a la armadura, y de ahí que se conozca como voltaje inducido o fuerza contraelectromotriz. Cuando el motor gira más rápido, el voltaje inducido aumenta hasta que es casi igual al aplicado. La corriente entonces es pequeña, y la velocidad del motor permanecerá constante siempre que el motor no esté bajo carga y tenga que realizar otro trabajo mecánico que no sea el requerido para mover la armadura. Bajo carga, la armadura gira más

lentamente, reduciendo el voltaje inducido y permitiendo que fluya una corriente mayor en la armadura. El motor puede así recibir más potencia eléctrica de la fuente, suministrándola y haciendo más trabajo mecánico.

Debido a que la velocidad de rotación controla el flujo de la corriente en la armadura, deben usarse aparatos especiales para arrancar los motores de corriente continua. Cuando la armadura está parada, ésta no tiene realmente resistencia, y si se aplica el voltaje de funcionamiento normal, se producirá una gran corriente, que podría dañar el conmutador y las bobinas de la armadura. El medio normal de prevenir estos daños es el uso de una resistencia de encendido conectada en serie a la armadura, para disminuir la corriente antes de que el motor consiga desarrollar el voltaje inducido adecuado. Cuando el motor acelera, la resistencia se reduce gradualmente, tanto de forma manual como automática.

La velocidad a la que funciona un motor depende de la intensidad del campo magnético que actúa sobre la armadura, así como de la corriente de ésta. Cuanto más fuerte es el campo, más bajo es el grado de rotación necesario para generar un voltaje inducido lo bastante grande como para contrarrestar el voltaje aplicado. Por esta razón, la velocidad de los motores de corriente continua puede controlarse mediante la variación de la corriente del campo

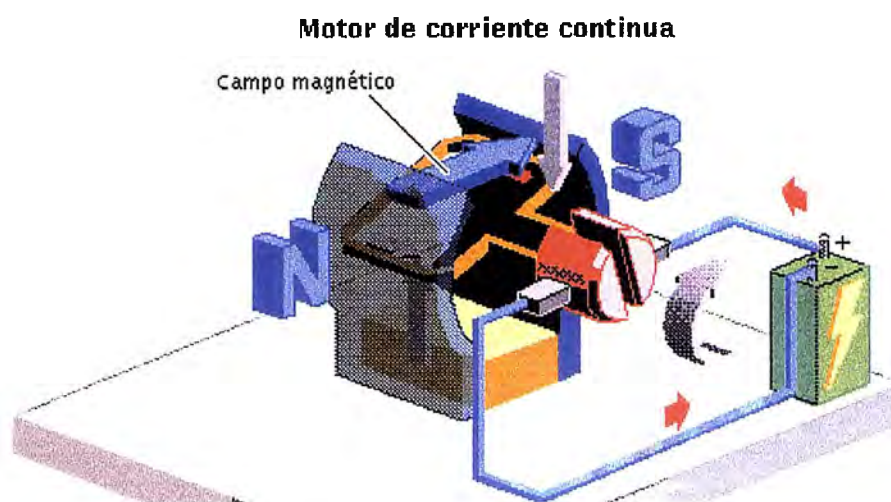


figura 2.4.5. Esquema de un motor de corriente continua.

1.2.5.3.- Máquinas Asíncronas.

El principio de funcionamiento de las máquinas asíncronas se basa también en el concepto de campo magnético giratorio (figura 2.4.6.). La diferencia de la máquina asíncrona con los demás tipos de máquinas se debe a que no existe corriente conducida a uno de los arrollamientos. La corriente que circula por uno de los devanados (generalmente el situado en el rotor), se debe a la f.e.m. inducida por la acción del flujo del otro, y por esta razón se denominan máquinas de inducción. También reciben el nombre de máquinas asíncronas debido a que la velocidad de giro del rotor, no es la de sincronismo impuesta por la frecuencia de red.

La importancia de los motores asíncronos, se debe a su construcción simple y

robusta, sobre todo en el caso de rotor en forma de jaula, que le hace trabajar, en las circunstancias más adversas, dando un excelente servicio con pequeño mantenimiento.

Generador de corriente alterna

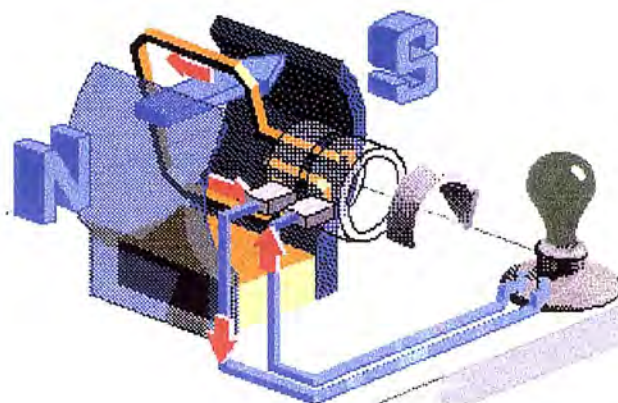


figura 2.4.6. Generador de corriente alterna.

Hoy en día se puede decir que más del 80% de los motores eléctricos industriales emplean este tipo de máquina, trabajando con una frecuencia de alimentación constante. El inconveniente más grave que poseen, proviene de la dificultad de regular su velocidad, sin embargo, con el desarrollo de dispositivos electrónicos como inversores y cicloconvertidores, que permiten obtener una frecuencia variable a partir de la frecuencia constante de la red y con la introducción del microprocesador en la electrónica de potencia, se están realizando grandes cambios, ya que empiezan a extenderse las aplicaciones de los motores asíncronos en los accionamientos eléctricos de velocidad variable.

La máquina asíncrona (figura 2.4.7) está formada por un estator y un rotor. En el estator se coloca normalmente el inductor, alimentado por una red mono o trifásica. El rotor es el inducido, y las corrientes que circulan por él aparecen como consecuencia de la interacción con el flujo del estator. En los motores de mediana y gran potencia existe un ventilador en el eje, cuya misión es producir una refrigeración forzada de la máquina. A veces la carcasa tiene forma ondulada para mejorar la evacuación del calor que se produce como consecuencia de las pérdidas que aparecen en el motor.

Generador de corriente alterna

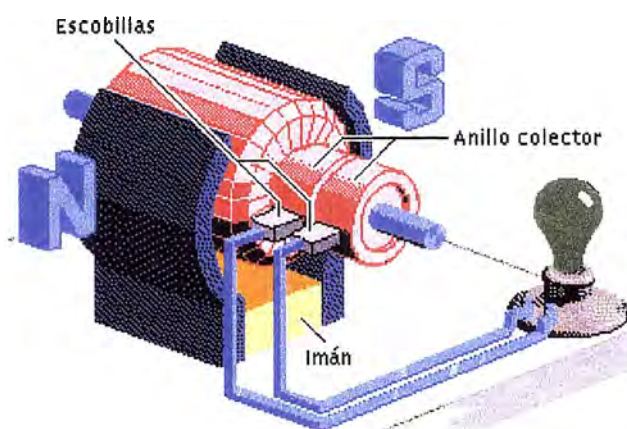


figura 2.4.7. Generador de corriente alterna.

1.2.5.4.- Cuadro de comparación entre distintos tipos de motores eléctricos.

TIPO DE MOTOR	VENTAJAS PRINCIPALES	PRINCIPALES DESVENTAJAS
Motor de corriente continua excitación serie	- Control sencillo. - Válidos desde hace tiempo.	- Requiere una relación variable de transmisión. - Rendimiento (en particular en frenado regenerativo.)
Motor de corriente continua excitación separada	- Muy buena controlabilidad. - Funcionamiento suave.	Peso.
Motor de corriente continua de imanes permanentes.	- Alto rendimiento. - Elevado par específico.	- Coste. - Requiere relación variable de transmisión.
Motor de inducción (asíncrono)	- Motor muy robusto. - Mantenimiento escaso. - Potencia específica alta. - Fácil de refrigerar.	Control difícil.
Motor de alterna de reluctancia variable	- Sin mantenimiento. - Potencia específica alta. - Rendimiento alto. - Refrigeración fácil.	- Acondicionamiento de potencia muy complejo. - Par con rizado.
Motor de alterna de rotor bobinado	- Muy buena controlabilidad. - Alto rendimiento.	Necesidad de anillos para la excitación.
Motor sincrónico de corriente alterna de imanes permanentes (motor de continua sin escobillas)	- Muy elevados par y potencia específica. - Muy fácil de refrigerar. - Alto rendimiento. - Flexibilidad de aplicación.	- Coste. - Disminución del campo con el tiempo.
Motor de reluctancia conmutada.	- Motor de bajo coste. - Rendimiento.	- Rizado del par. - Ruido. - Control complejo.
Motor de imanes permanentes con arrollamiento de conmutación.	- Muy buena utilización de la estructura magnética. - Par específico alto.	- Coste. - Control complejo.

1.2.6.- Generador Asíncrono con motor Diesel.

El comportamiento de un generador síncrono bajo carga, varía fuertemente dependiendo del factor de potencia de la carga y de si el generador funciona solo o en paralelo con otros alternadores. En la figura 2.5.1. se muestra el esquema simplificado de un alternador que funciona aisladamente y está alimentando a una carga trifásica equilibrada. Se muestran dos controles importantes: por un lado el regulador de tensión que se incorpora en la excitatriz y que al variar la corriente de campo del generador permite controlar la tensión de salida; por otro lado el motor primario que mueve el alternador (que en nuestro caso se ha supuesto que es un motor diesel), que lleva un regulador de velocidad que actúa sobre la entrada de combustible permitiendo con ello controlar la velocidad del grupo y por consiguiente su frecuencia.

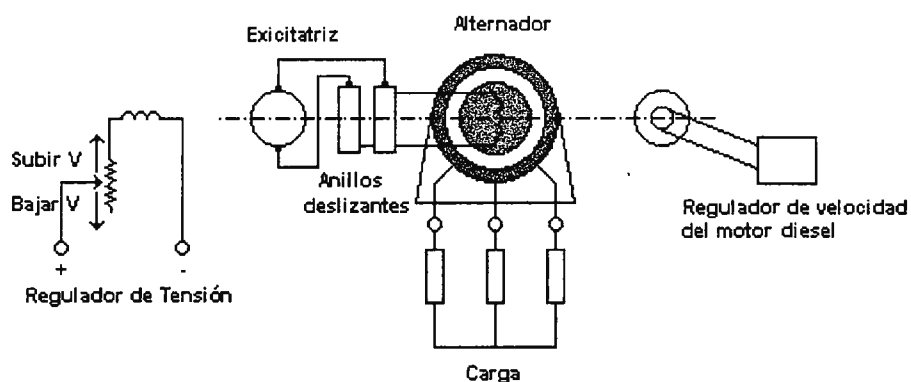
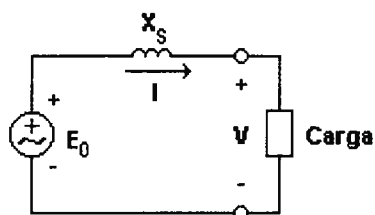


figura 2.5.1. Esquema simplificado de un alternador funcionando aisladamente y alimentando una carga trifásica.

Nosotros deseamos que la máquina asíncrona se mueva a velocidad estrictamente constante, por lo tanto la frecuencia ha de ser un parámetro fijo. Al aumentar la carga, es decir al aumentarse la potencia activa y reactiva tomada del generador, aumentará la corriente del inducido; como no se ha modificado el regulador de tensión, la corriente de excitación será constante o de otro modo la f.m.m. F_e (fuerza magnetomotriz de excitación o inductora) permanecerá invariable, ahora bien cuando aumenta la intensidad Y , aumenta la f.m.m. de reacción de inducido F_i , lo que da lugar a una f.m.m. resultante F_r menor, una f.e.m. E_r menor y una tensión de salida más baja. La explicación anterior es más simple si se considera el circuito equivalente de la máquina síncrona de la figura 2.5.2., supuesto una resistencia de inducido despreciable. La ecuación que regirá el comportamiento eléctrico de la máquina será la de la figura, si la corriente de excitación es constante, será constante la f.e.m. E_0 , de tal modo que al aumentar la corriente Y , aumentará la caída de tensión en la reactancia síncrona, lo que se traduce en una reducción de la tensión de salida.



$$V = E_0 - j X_s \times I$$

figura 2.5.2. Circuito equivalente de la máquina síncrona.

En la figura 2.5.3. se ven las características externas de la máquina y donde puede observarse la variación de la tensión de salida conforme se modifica la corriente del inducido (para excitación constante). Obsérvese que para cargas inductivas la caída de tensión es mucho más fuerte que para cargas resistivas en virtud del efecto desmagnetizante de este tipo de cargas. Sin embargo para cargas capacitivas se obtiene un efecto de la tensión de salida debido a su efecto magnetizante.

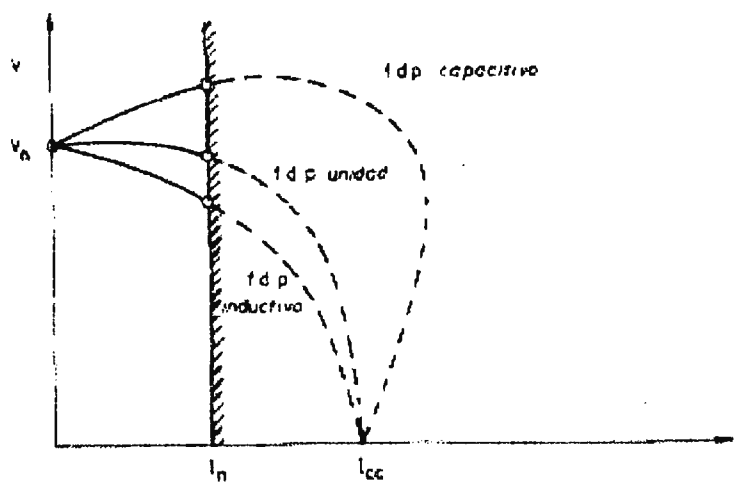


Fig. 5.13

figura 2.5.3. Características externas.

Normalmente interesa que la tensión suministrada a una carga permanezca constante,

aunque se modifique el consumo. Como quiera que la f.e.m. E_0 es proporcional al flujo inductor, deberá variarse la excitación para que se restablezca la tensión al valor nominal prefijado. Esta acción se realiza con el regulador de tensión que podemos ver en la figura 2.5.1. que es simplemente un reostato que regula la corriente de campo de la excitatriz, dando ésta una tensión de salida que controlará la corriente de excitación de los polos del alternador. En la figura 2.5.4. podemos ver el gráfico de la variación de la corriente de excitación en función de la corriente de carga para mantener la tensión en el valor nominal.

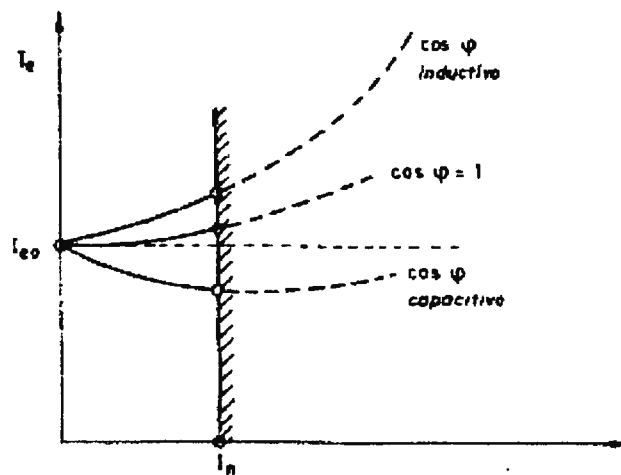


figura 2.5.4. Variación de la corriente de excitación en función de la corriente de carga.

En definitiva, en un alternador que trabaja, en una red aislada se tiene:

- La frecuencia depende enteramente de la velocidad del motor primario que mueve la máquina síncrona.
- El f.d.p. del generador es el f.d.p. de la carga.
- La tensión de salida depende de la velocidad de giro (la f.e.m. depende de la frecuencia y del flujo, según la ecuación la ecuación del final), de la corriente de excitación y del f.d.p. de la carga.

$$E = 4 \times K_f \times K_d \times K_a \times f \times N \times \Phi_m$$

K_f = Coeficiente de forma de la onda producida.

K_d = Coeficiente de distribución.

K_a = Coeficiente de acortamiento de los devanados del inducido.

La potencia suministrada por el generador es la que solicita la carga. Cuando la carga demanda más potencia, el alternador reduce su velocidad, esta disminución es detectada por el regulador de velocidad del motor diesel (motor primario) que provoca una mayor apertura de entrada de combustible, lo que hace aumentar la velocidad de giro del grupo hasta llegar al valor de consigna que impone la frecuencia de salida del generador. Cuando se ha alcanzado esta velocidad la máquina síncrona entrega al consumidor la nueva carga solicitada.

Hemos elegido este tipo de generador para crear la alterna trifásica necesaria pues, como hemos dicho, si el motor primario gira a velocidad constante la frecuencia de la tensión creada por el alternador será constante (la frecuencia sólo depende de la velocidad y no de la carga), lo cual es deseable para facilitar la conversión a continua a través del convertidor. Si tuviésemos un generador asíncrono veríamos que la frecuencia depende además de la intensidad de carga.

1.2.7.- Motores de tracción.

En estos últimos diez años, la tracción trifásica ha tenido un importante auge. Actualmente, este tipo de tracción está completamente desarrollado y puede ser usado para tareas de accionamiento en los más diversos campos tecnológicos. Esto tiene validez, principalmente, en la tracción de vehículos.

Las ventajas más decisivas en la técnica de tracción trifásica , se obtiene de los motores de tracción. Estos son, por regla general, motores asíncronos con rotor de jaula de ardilla; motores que no necesitan apenas mantenimiento, ya que se elimina el cambio de escobillas, así como el torneado de las delgas. Además, son especialmente robustos e insensibles a grandes sobrecargas. De menores dimensiones que los motores de corriente continua, permiten instalar en los vehículos potencias más elevadas, con menor peso y menores masas inerciales.

Las propiedades operativas de los motores trifásicos de tracción vienen determinadas por el conjunto motor-convertidor. Para satisfacer las exigencias del servicio, estas propiedades deberán ser comparables a las que posee un buen sistema de tracción de corriente continua.

Para cumplir las curvas características de esfuerzo-velocidad, que se exigen en la práctica, es necesario conseguir un margen de regulación de revoluciones muy amplio. Esto supone, generalmente, un elevado grado de debilitación del campo del

motor; además, tiene que ser también factible un servicio en paralelo de varios motores.

En su mayor parte, el desarrollo de la técnica de tracción trifásica ha sido posible gracias al enorme avance en el campo de la electrónica de potencia y, con ello, de la técnica de convertidores. En este terreno se han desarrollado sistemas de convertidores cada vez más potentes y procedimientos de control cada vez mejores. Esto, asociado a motores síncronos asíncronos, puede satisfacer todas las exigencias de potencia de tracción, margen de revoluciones, operaciones en uno o varios cuadrantes, etc.

Por otro lado, se debe reconocer claramente que el motor trifásico, cuando se usa para accionamientos de revoluciones variables, está más supeditado a una regulación que el motor de corriente continua. Esencialmente de lo que se trata, es de armonizar cuidadosamente la regulación con las propiedades específicas del conjunto convertidor-motor.

Los avances en el campo de la técnica de regulación se caracterizaron, en primer lugar, por un intensivo estudio de la estructura de los motores síncronos y asíncronos. Solamente después de un conocimiento exacto de las relaciones físicas, más complicadas respecto a las del motor de corriente continua, se estuvo en condiciones de desarrollar procesos de regulación apropiados.

El motor eléctrico ideal para un accionamiento regulable de alta calidad es el motor de corriente continua.

Este posee extraordinarias propiedades de regulación, que se deben a su forma constructiva y a su principio de funcionamiento que de ella se desprende.

Por ello, resulta razonable poner como modelo a un motor regulable de corriente continua para diseñar una regulación para el motor trifásico. Es decir, se deberán examinar las causas que motivan el comportamiento ideal de regulación del motor de corriente continua: con esto, puede deducirse las diferencias fundamentales con respecto al motor trifásico.

Con este procedimiento no sólo se facilita la comprensión de los procesos de un motor asíncrono, sino que también se revelan analogías directas en las estructuras de regulación. Estas analogías permiten reducir, al menos parcialmente, la complicada regulación del motor trifásico a las sencillas proporciones que un motor de corriente continua posee.

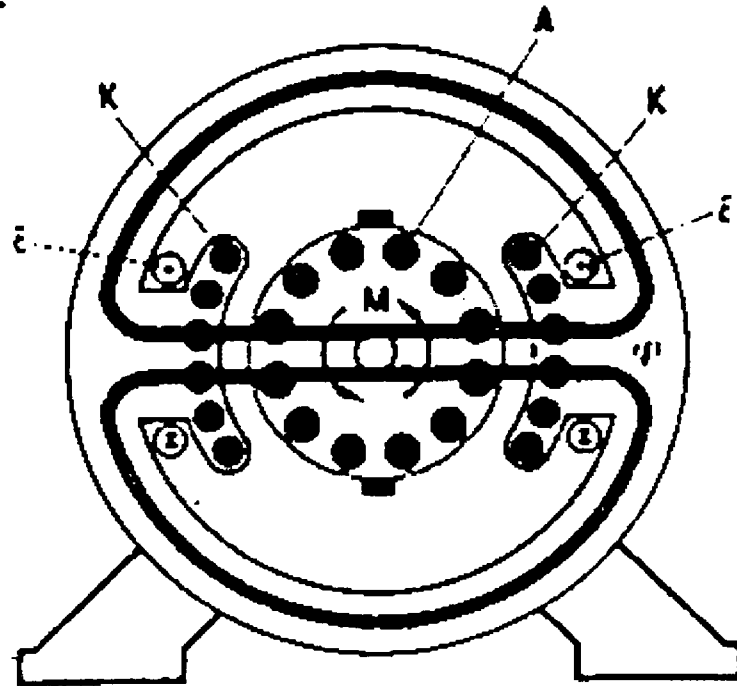


figura 2.6.1. motor de corriente continua en corte.(SIEMENS)

Los polos principales, colocados en el estator, contiene las bobinas de excitación E. La corriente continua que circula por estas bobinas (corriente de excitación i^E) provoca un flujo magnético Φ . Este atraviesa el rotor y se cierra a través del yugo.

La bobina del rotor A está arrollada en la periferia del rotor y por ella circula la corriente del rotor i^A . Esta corriente se alimenta a través de las escobillas y del colector. El colector se encarga de que por las bobinas del rotor circula una corriente de tal forma, que el eje de la intensidad magnética resultante sea perpendicular al eje de la excitación.

La bobina de compensación K actúa, asimismo, en el eje perpendicular. Esta bobina de compensación se encuentra en motores para accionamientos regulables y está ubicada en los extremos de los polos de excitación.

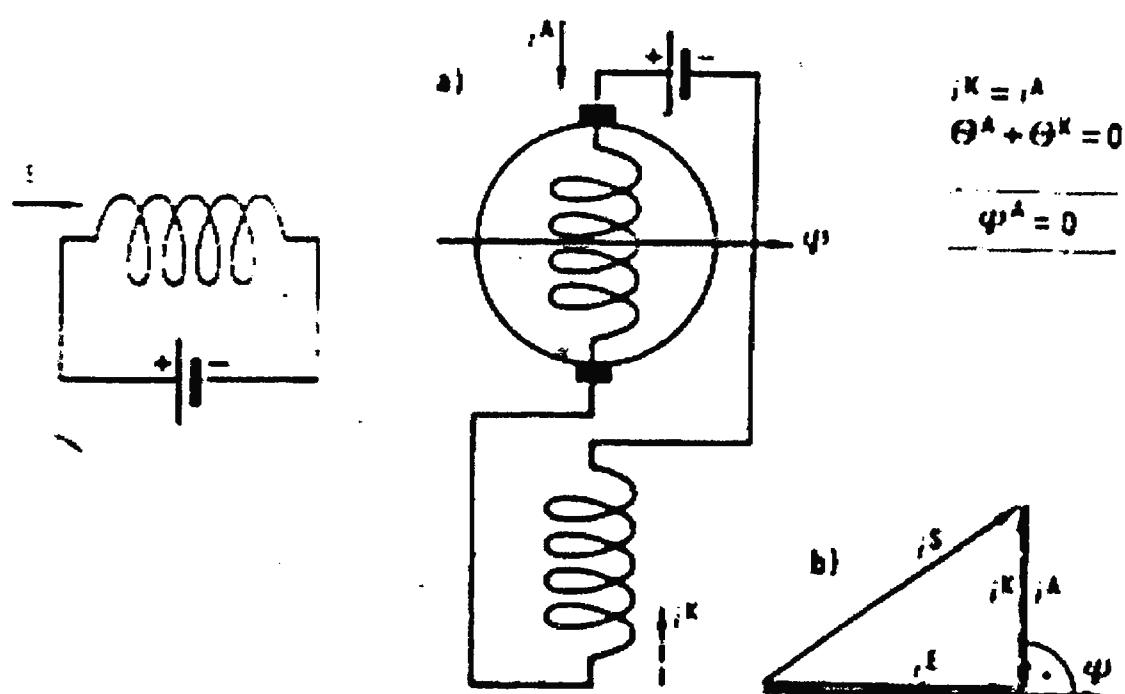


figura 2.6.2. Motor de corriente continua compensado. a) Esquema de bobinados; b) Diagrama Vectorial.

La figura 2.6.2a., muestra el esquema de bobinado correspondiente. Además el flujo Φ , producido por la corriente de excitación i^E , se puede ver la conexión en serie del devanado del rotor y del de compensación. Debido a las dos intensidades magnéticas iguales y contrapuestas de estos dos devanados, se obtiene un campo transversal nulo en el rotor, es decir:

$$\Phi^A=0$$

En la figura 2.6.2b. se representan los vectores respectivos. El vector de la corriente de excitación i^E y el vector del flujo Φ están orientados en el eje de las bobinas de excitación.

Los vectores de las corrientes del rotor i^A y de compensación i^K están orientados perpendicularmente al vector del flujo Φ . Adicionalmente, está representado el vector de corriente del estator i^S , que se compone de los vectores de corriente de excitación i^E y el de corriente de excitación i^K .

El par de un motor eléctrico, según la ley de la fuerza electrodinámica, viene expresado por el producto vectorial:

$$M = i \times \Phi$$

o expresado en coordenadas cartesianas:

$$M = i \cdot \Phi \cdot \sin(\angle(i, \Phi))$$

Para el vector de corriente continua compensado, en el que el vector de corriente del rotor i^A y el vector del flujo Φ están perpendiculares, se tiene que:

$$M = i^A \cdot \Phi$$

De ahí radica la importancia que tiene que ambos factores Φ e i^A puedan ser regulados independientemente, a través de la bobina de excitación E, o bien a través de la bobina del rotor A.

Las interrelaciones físicas exactas y sobre todo, el comportamiento dinámico del motor se pueden representar claramente en un diagrama estructural (figura 2.6.3.)

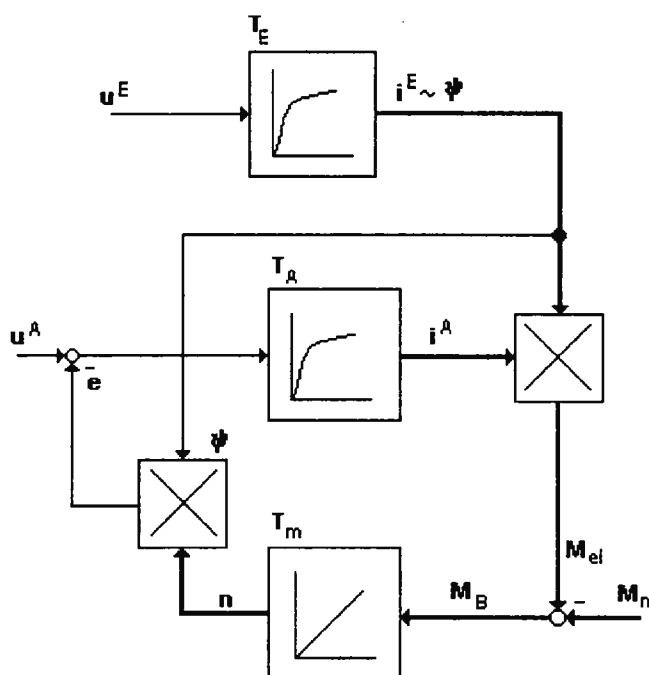


figura 2.6.3. Motor de corriente continua. Diagrama estructural.

La parte superior de la figura 2.6.3. muestra como, a través de la constante de tiempo de excitación T_E , se crea la corriente de excitación i^E y el flujo ψ .

De forma similar ocurre en el circuito del rotor con la constante de tiempo del rotor T_A . Como tensión causante se tiene aquí la tensión aplicada al rotor u^A menos la fuerza contraelectromotriz e . Esta f.e.m. e se produce como tensión rotórica inducida

, siendo igual al producto del flujo Φ por el número de revoluciones n .

El par eléctrico M_{el} se obtiene multiplicando el flujo Φ por la corriente del rotor i^A .

La diferencia entre el par eléctrico M_{el} y el par resistente M_m acelera la masa inercial del rotor hasta el número de revoluciones n .

De esta estructura se desprende que:

- El flujo es independiente de la carga.
- El número de revoluciones n o la fuerza contraelectromotriz e afectan a la corriente del rotor i^A .
- Tanto la corriente de excitación i^E como la corriente del rotor i^A , se crean con retardos.

Para conseguir la finalidad concreta de regular el accionamiento, es decir, conseguir un par con un flujo definido, el equipo de regulación tiene que ajustar, tanto la corriente de excitación i^E como la corriente del rotor i^A .

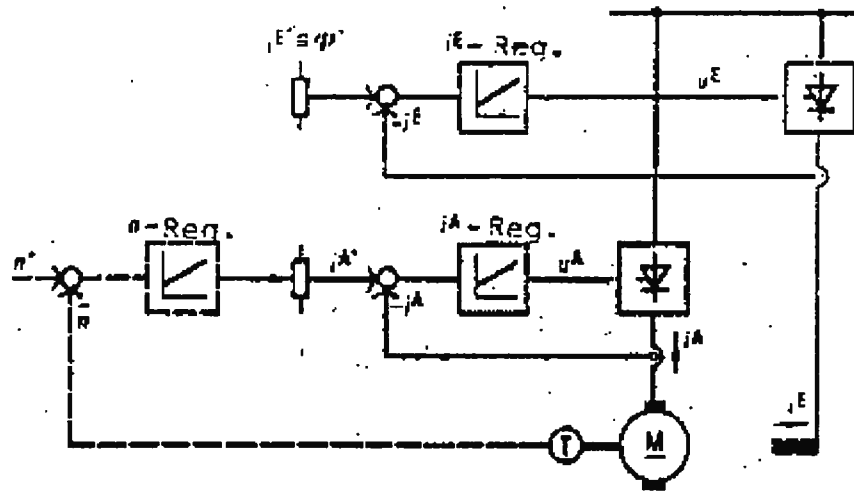


figura 2.6.4. Regulación de un motor de corriente continua.

Mediante los parámetros de ajuste (tensión de excitación u^E y tensión del rotor u^A) se controla la actuación de los rectificadores para obtener las corrientes i^E e i^A .

Suponiendo que los valores reales i^E e i^A siguen sin retardos a los valores teóricos i^E^* e i^A^* (figura 2.6.4., lo que prácticamente se alcanza con un ajuste óptimo del regulador, con tiempos de regulación de 10 ms.), se puede considerar al flujo Φ y a la corriente del rotor i^A como parámetros directamente regulables, es decir, las constantes de tiempo T_E y T_A , así como la fuerza contraelectromotriz e , no tienen prácticamente importancia para la creación de par.

Con ello, se pueden resumir las propiedades de ajuste del motor de corriente continua:

- El motor de corriente continua posee dos entradas de regulación; la bobina de excitación E y la bobina del rotor A.
- Estas entradas de regulación, están desacopladas, tanto eléctrica como magnéticamente.
- De esto se deduce que las magnitudes causantes del par (flujo Φ y corriente del rotor i^A), son regulables independientemente.
- Y por último, que la regulación permite crear el flujo y el par sin apenas retardo.

Después de estas reflexiones preliminares sobre el motor de corriente continua, podemos deducir las diferencias entre el motor de corriente continua y el trifásico.

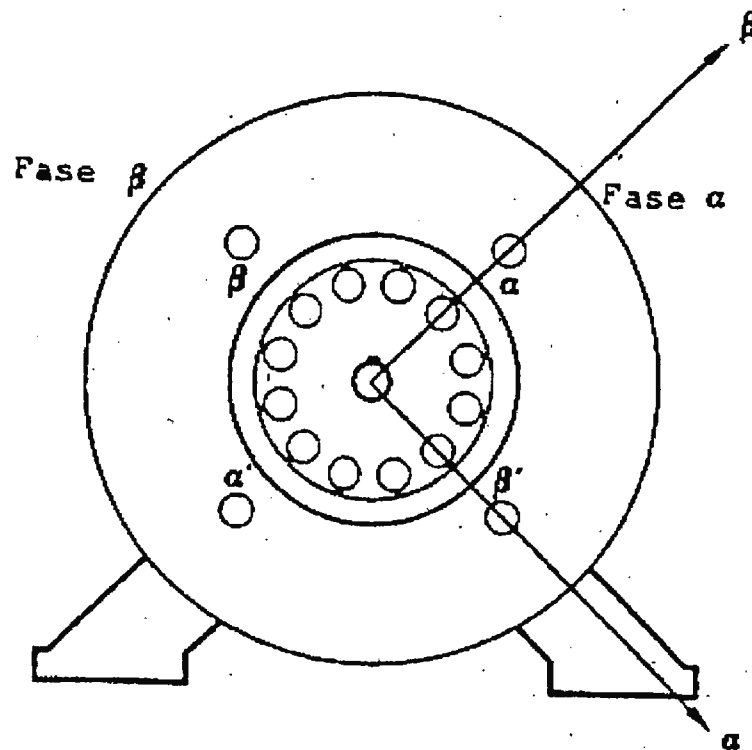


figura 2.6.5. Diseño básico de un motor asíncrono.

El estator de un motor asíncrono posee, por lo general, un bobinado trifásico. Este está sustituido en la figura 2.6.5. por un bobinado bifásico, con los devanados α y β , para conseguir una representación más sencilla de los vectores. Esto es admisible, ya que en un sistema trifásico la información concreta ya está contenida en dos fases. El rotor es de jaula de ardilla.

El esquema de bobinado correspondiente (figura 2.6.6a) muestra dos bobinas estatóricas desplazadas 90° entre si. También el bobinado del rotor puede ser representado por dos devanados puestos en cortocircuito.

En realidad, este bobinado está formado por una jaula, que se compone de los anillos y de las barras de cortocircuito frontales (figura 2.6.6b).

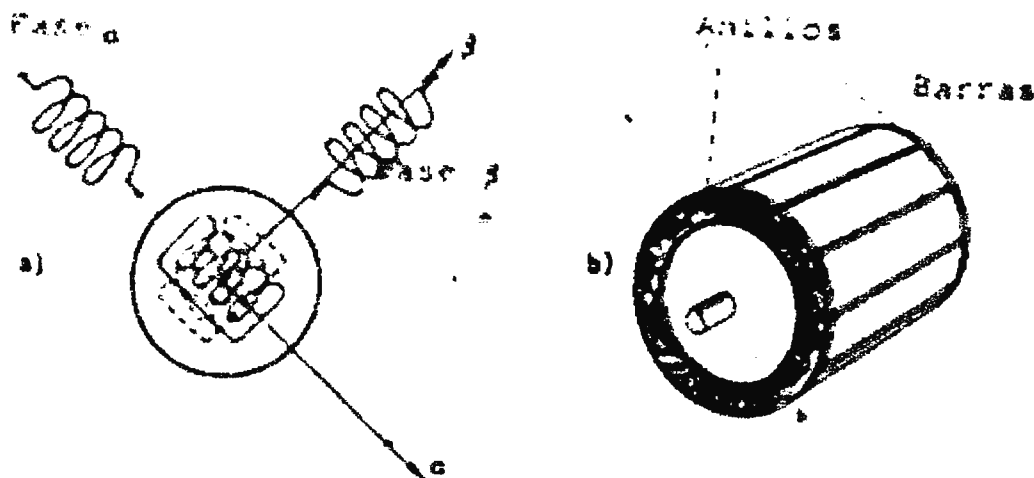
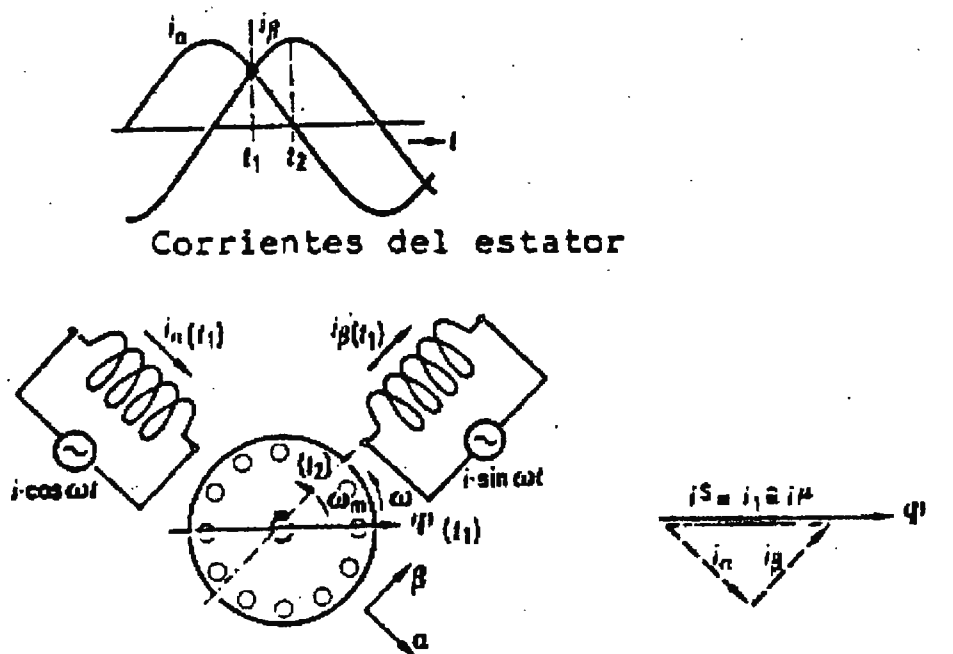


figura 2.6.6. Motor asíncrono. a) Esquema de bobinados. b) Rotor de jaula de ardilla.

Se puede constatar ya la primera diferencia con respecto al motor de corriente continua. El bobinado del rotor de un motor de jaula no es accesible para intervenciones de regulación. De ello se deduce, forzosamente, que sólo se puede crear una corriente en el rotor induciendo una tensión en su bobina. En esto consiste la segunda diferencia con respecto al motor de corriente continua.

En la figura 2.6.7., el bobinado bifásico del estator se alimenta con dos corrientes

alternas desfasadas 90° entre si.



figurar 2.6.7. Motor asincrónico sin carga. Diagrama Vectorial.

En el punto t_1 , las corrientes i_α e i_β tienen los mismos valores momentáneos. Estas corrientes crean una intensidad magnética total resultante que da lugar a un vector de flujo Φ que gira con la frecuencia de alimentación ω . En el punto t_1 , este vector está orientado horizontalmente. En un punto posterior, por ejemplo t_2 , ha girado 45°.

Se ha supuesto para ello que el motor ira sin carga , es decir, que el rotor gira síncronamente con el vector de flujo. Solamente en este caso no se induce ninguna tensión en e rotor y, por tanto, no circula ninguna corriente por él; solamente bajo

esta condición, tiene validez el diagrama vectorial. El vector de corriente del estator i^S resultante de las corrientes de fase i_α e i_β , es una corriente puramente de magnetización $i^\mu = i_1$. Es ésta la que crea el flujo Φ .

Bajo una carga, con par resistente M_m (figura 2.6.8.), el rotor se retrasa con respecto al campo giratorio, es decir, su velocidad angular ω_m , es menor que la del campo y, por tanto, menor que ω . Se origina un movimiento relativo entre el vector del campo y el rotor. Este deslizamiento provoca que se induzca en el rotor una fuerza electromotriz, que da lugar a la corriente del rotor i^L . Esta corriente i^L es prácticamente una corriente activa, ya que las inductancias del rotor, debido a la baja frecuencia de deslizamiento, prácticamente no intervienen.

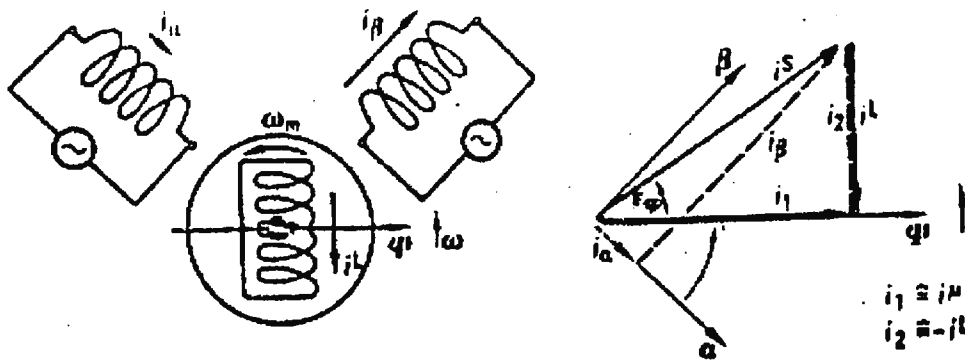


Figura 2.6.8.

Esto significa que en el rotor se crea un eje de intensidad magnética, el cual siempre está orientado perpendicularmente al eje de intensidad del campo giratorio.

Esta corriente activa circula también por el estator, adicionalmente a la componente de corriente del estator i_1 (causante del flujo) como componente i_2 (causante del par).

La suma vectorial de estas dos componentes de corriente i_1 e i_2 , es igual al vector de corriente del estator i^s , siempre y cuando el motor trabaje bajo carga.

La comparación del diagrama vectorial del motor asíncrono con el del motor de corriente continua (figura 2.6.2b) muestra las siguientes analogías:

- La componente de corriente i_1 , causante del flujo en el motor asíncrono, se corresponde con la corriente de excitación i^E del motor de corriente continua.
- De la misma forma, la componente de corriente i_2 , causante del par o la corriente del rotor i^L , se corresponden con la corriente del rotor i^A .

De estas analogías, se desprende que el par motor asíncrono es: $M = \varnothing \cdot i_2$, o expresado con el ángulo ϵ_φ entre los vectores de flujo y corriente: $M = \varnothing \cdot i^s \cdot \text{sen}(\epsilon_\varphi)$.

Para desarrollar la configuración estructural del motor asíncrono, es necesario señalar primeramente la diferencia entre el funcionamiento del motor con un circuito de tensión o con un circuito de corriente.

En un circuito de tensión (figura 2.6.9a) el convertidor actúa como una red de

alimentación de frecuencia variable. La corriente de consumo del motor depende de la carga. El flujo se determina según la relación entre tensión y frecuencia.

En un circuito de corriente (figura 2.6.9b), por el contrario, el convertidor alimenta una corriente de frecuencia variable. La tensión en bornes correspondiente y el flujo dependen del estado de la carga, es decir, según el valor de la corriente i y el del ángulo ε_φ .

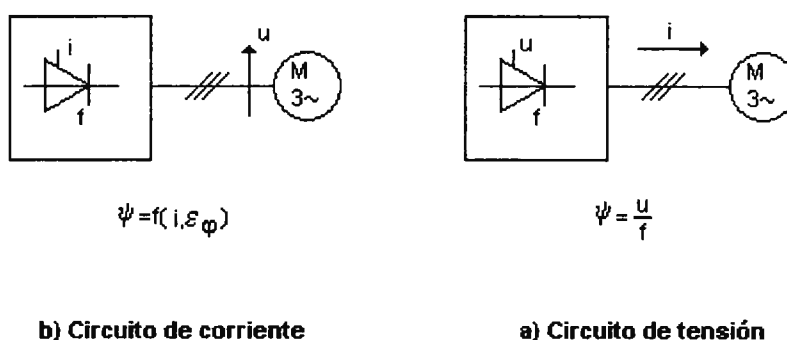


figura 2.6.9. Onduladores, principios básicos.

La figura 2.6.10 muestra un circuito de corriente con una inductividad en el circuito de corriente continua. La tensión constante de catenaria, se transforma en una tensión continua variable mediante el Chopper. Este sirve como regulador de la corriente continua y_+ . Esta es idéntica en amplitud a la corriente rectangular del motor. La frecuencia de esta corriente se varía cambiando la frecuencia de los pulsos de cebado de los tiristores del ondulador.

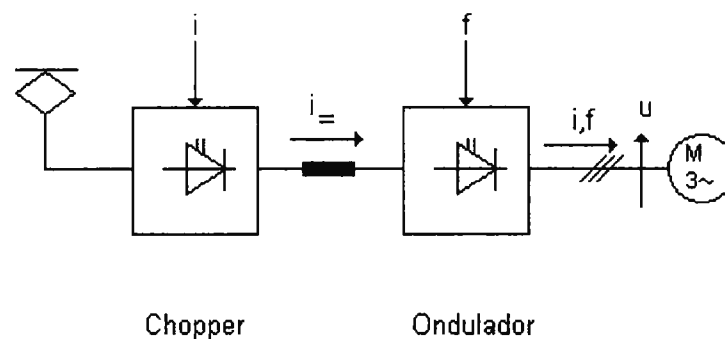


figura 2.6.10. Ondulador con un circuito intermedio de corriente.

La figura 2.6.11 muestra, nuevamente, la estructura del motor de corriente continua (igualmente con las corrientes i^E e i^A) para una mejor comparación con la estructura del motor asíncrono con circuito de corriente. Puede apreciarse, a simple vista, la posibilidad de regular inmediatamente el flujo y el par. De ahí obtiene el motor de corriente continua su excepcional comportamiento con respecto a la regulación.

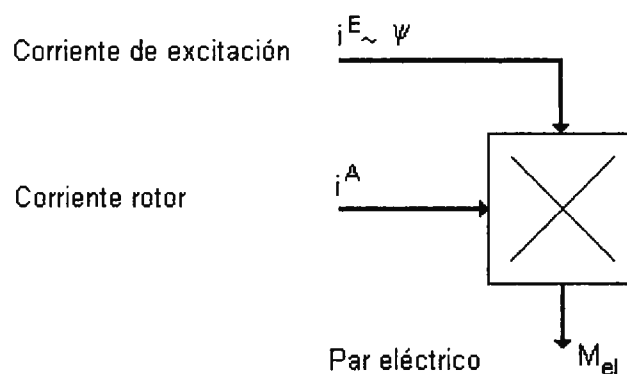


figura 2.6.11. Motor de corriente continua. Diagrama estructural para el circuito intermedio de corriente.

La figura 2.6.12 muestra su diagrama estructural. Por la izquierda se alimenta el

vector de corriente del estator. Este está representado con las coordenadas en el sistema del estator. Sus coordenadas polares son la corriente i^s y el ángulo ϵ_s .

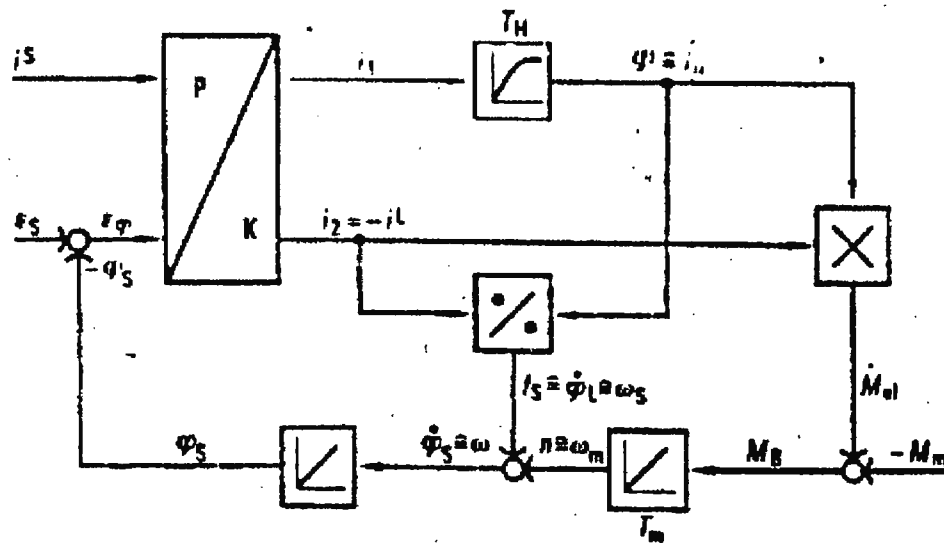


figura 2.6.12. Motor asíncrono. Diagrama estructural para circuito intermedio de corriente.

El subíndice ‘S’ del ángulo indica el sistema de referencia del estator, con los ejes α y β respectivos, los cuales, según el diagrama de la figura 2.6.13, se han elegido coincidentes con los ejes de las bobinas.

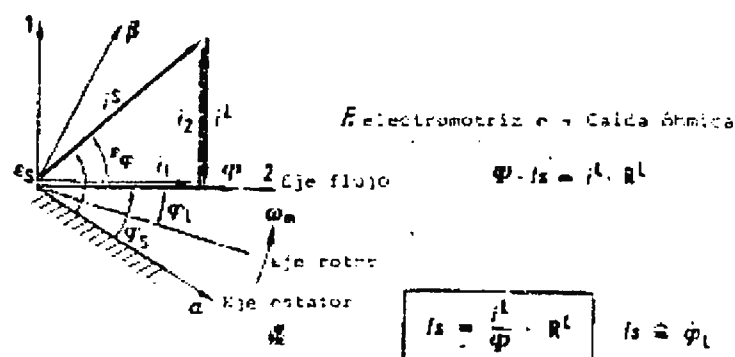


figura 2.6.13. Motor asincrónico. Diagrama vectorial.

En primer lugar, el vector de corriente i^s se transforma del sistema de coordenadas del estator al sistema de coordenadas del flujo. Esto significa que el mismo vector de corriente i^s ahora se define desde el sistema de referencia del flujo, con los ejes 1 y 2 respectivos, los cuales giran con el vector del campo giratorio (figura 2.6.13).

Para esta transformación, según el diagrama vectorial de la figura 2.6.13., se tiene que restar el ángulo ϵ_s e ángulo ϕ_s para obtener el ángulo ϵ_ϕ , que la corriente tiene con respecto al vector del flujo. Las coordenadas polares del vector de corriente del estator respecto al flujo son, por tanto, i^s y ϵ_ϕ . El subíndice 'φ' del ángulo indica el sistema de referencia, en este caso el de flujo.

El conversor de P/K transforma las coordenadas polares en coordenadas cartesianas, es decir, en i_2 e i_1 . La coordenada i_1 de la corriente del estator origina, a través de la constante de tiempo del campo T_H , la corriente de magnetización i^l o el flujo Φ . Este flujo multiplicado por la coordenada i_2 de la corriente del estator da como

resultado el par eléctrico M_{el} .

La relación adicional entre el flujo $\varnothing$, la frecuencia de deslizamiento f_s y la corriente del rotor i^L se determina mediante el proceso de inducción en el circuito del rotor. De la ecuación de tensión del rotor (figura 2.6.13), se deduce que la fuerza inducida contraelectromotriz es prácticamente igual a la caída óhmica de tensión. La caída de tensión se puede deprecia debido a la baja frecuencia de la corriente del rotor. De esta ecuación se obtiene que la frecuencia de deslizamiento f_s es proporcional a la corriente del rotor dividida por el flujo. La resistencia del rotor R^L aparece aquí como factor de proporcionalidad.

La velocidad angular ω_s correspondiente a la frecuencia de deslizamiento f_s , es idéntica a la derivada del ángulo del flujo con respecto al eje del rotor $\dot{\varphi}_L$.

En el diagrama estructural se calcula esta ecuación de tensión mediante un divisor. La suma de las revoluciones n o de la velocidad angular ω_m y la velocidad angular ω_s , da la velocidad angular ω del vector de flujo $\varnothing$. Esta velocidad corresponde, asimismo, a la derivada del ángulo φ_s existente entre el vector del flujo y el eje del estator, es decir, $\dot{\varphi}_s$. Su integral da, finalmente, el ángulo φ_s . Éste se dio al principio como conocido para la transformación de coordenadas de la corriente de alimentación del estator.

La estructura del motor asíncrono tiene las siguientes características:

- La constante de tiempo del campo T_H provoca un retardo del flujo con respecto a la corriente, su parámetro regulador.
- La velocidad angular ω_s , correspondiente a la frecuencia de deslizamiento y las revoluciones n se acoplan al ángulo ε_s del vector de corriente de alimentación i^s .

De esto resulta que:

- Flujo y par se determinan por el vector de corriente del estator y no se dejan regular por separado.
- A pesar del circuito intermedio de corriente, existe un retardo.
- Variaciones de carga en el eje repercuten a través de las revoluciones y del ángulo de flujo φ_s sobre el vector de corriente. La consecuencia es una variación del flujo Φ , de la frecuencia de deslizamiento f_s y del par eléctrico M_{el} . Estas variaciones repercuten, asimismo, sobre el vector de corriente. debido a que los acoplamientos se efectúan con constantes de tiempo y fenómenos no lineales, el motor asíncrono no regulado representa en su totalidad un sistema oscilante poco amortiguado. El comportamiento depende sobre todo, del momento de inercia y de la constante de tiempo del campo.

1.2.7.1.- Elección del número de motores.

En este sentido tenemos tres tipos de posibilidades que van desde la adopción de un sólo motor hasta la elección de cuatro motores (uno en cada rueda). A continuación pasaremos a analizar las ventajas y dificultades que acarrearías la elección de una u otra disposición.

1.2.7.1.1.- Un motor.

La solución con un sólo motor corresponde con el esquema de la figura 2.6.14 donde podemos hacernos una idea de los elementos básicos y de una posible disposición de los mismos en nuestro vehículo.

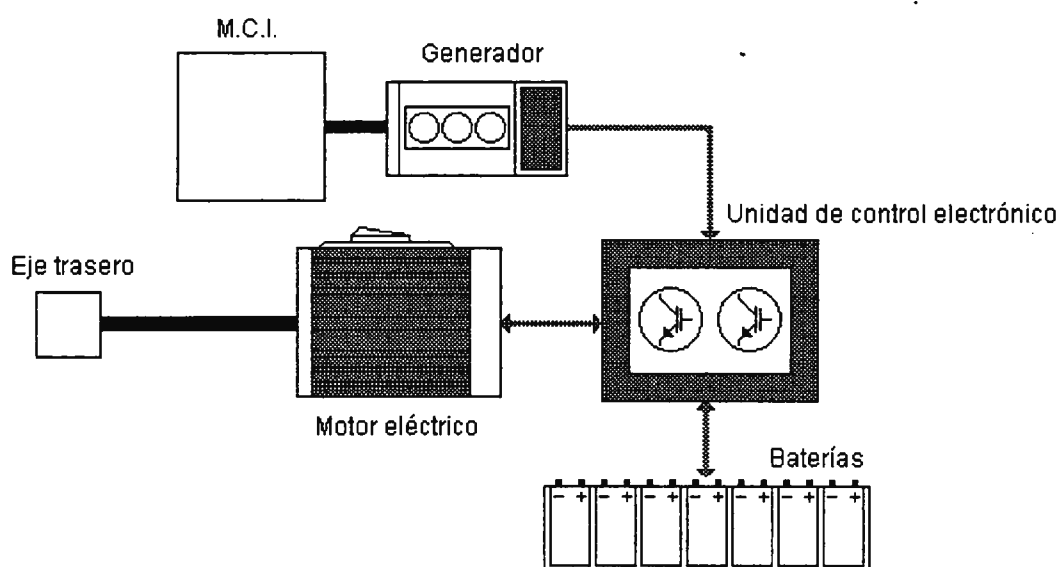


figura 2.6.14. Diagrama de bloques de un accionamiento eléctrico con un sólo motor.

Con la adopción de esta solución, como se aprecia en la figura, disponemos de un diferencial, un motor y un control electrónico bastante simple y dos juntas homocinéticas. Además podemos ver el sistema generador de la energía eléctrica necesaria para mover nuestro vehículo.

Tenemos, además, asegurada la presencia de A.B.S. debido al control electrónico, pero la misma a cada rueda. Posiblemente, el mayor inconveniente de esta solución sea la necesidad de un diferencial para repartir la potencia a cada rueda de la manera más adecuada.

1.2.7.1.2.- Dos motores.

Otra solución consiste en poner un motor en cada rueda tractora, siendo su configuración la que aparece en la figura 2.6.15.

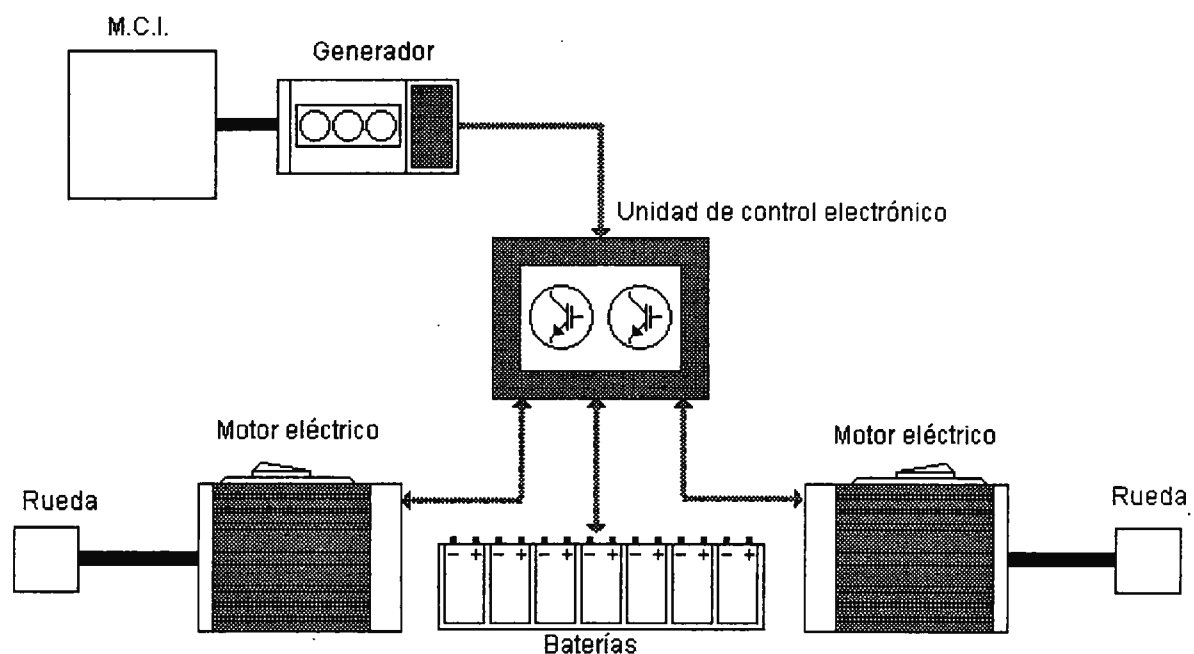


figura 2.6.15. Esquema de la configuración de un sistema propulsor con dos motores.

Podemos apreciar en esta figura la disposición de los elementos constitutivos de todo sistema propulsor, formado por las baterías que alimentan al control electrónico, el cual controla los dos motores.

El inconveniente de este sistema es que cada uno de estos motores deberá llevar su reducción independientemente. Es decir, son necesarias dos reducciones idénticas

debido a la independencia operativa de los motores. Otro de los inconvenientes es que en los motores asíncronos, conforme reducimos su tamaño se reduce también su rendimiento y su $\cos(\varphi)$, por lo que demandarán más potencia a las baterías.

Una de las ventajas, que este método nos ofrece, es la ausencia de juntas homocinéticas, con sus palieres, debido a que los motores son solidarios a la rueda. Quizá la ventaja más importante sea la ausencia de diferencial. La inercia total de los dos motores es menor que la de uno de potencia doble, siendo el peso total muy similar, por lo que la aceleración será mayor. Además la ubicación de un motor en cada rueda nos permite la utilización de un freno A.B.S. regido por el control electrónico, realizando también el papel de diferencial para evitar que una rueda derrape cuando tomemos una curva,

Los motores en el autobús irían en las ruedas traseras, dejando que las ruedas delanteras, que gobiernan la dirección del vehículo, sean lo más ligeras posible y no poner impedimentos que obliguen a un nuevo diseño de la dirección del vehículo. Además en las ruedas traseras, los cables de alimentación no variarán su longitud en función del giro de las ruedas, sino sólo dependiendo de la amortiguación del vehículo.

Nosotros nos decantamos por esta solución.

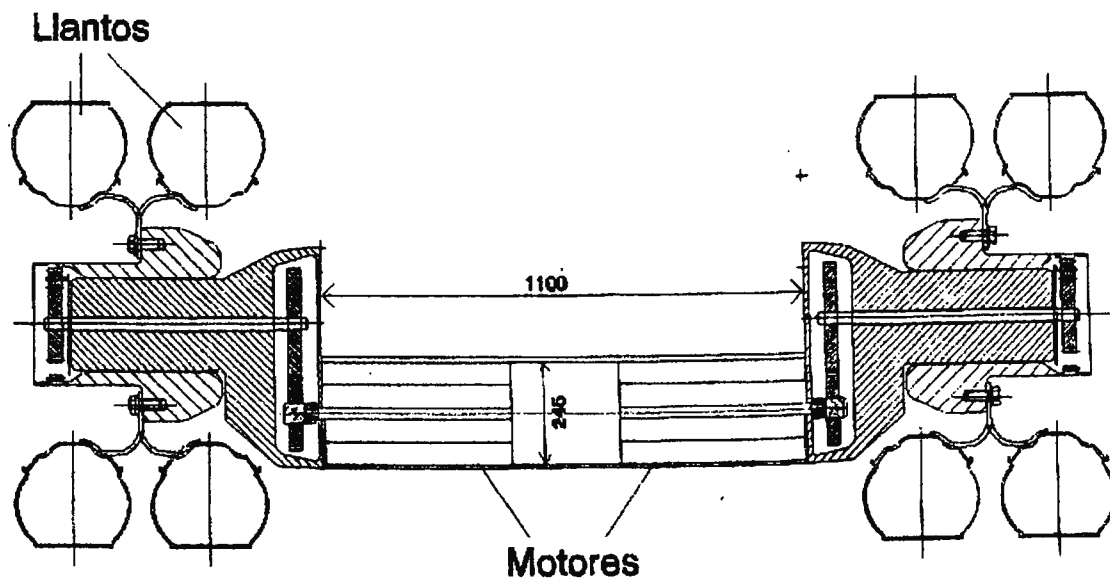


figura 2.6.16. Esquema del accionamiento de tracción con dos motores

1.2.7.1.3.- Cuatro Motores.

La presencia de cuatro motores tiene una ventaja añadida sobre la solución de dos motores, y es la presencia de tracción total permanente a las cuatro ruedas. En cambio, las desventajas introducidas con esta solución son evidentes. Por un lado necesitamos cuatro reductoras, una por rueda. En segundo lugar, el control electrónico deberá tener cuatro salidas, en vez de dos. Y por último, la potencia de cada motor será un cuarto de la potencia necesaria en caso de llevar un sólo motor y por ello su tamaño disminuiría, lo que, como comentamos en el epígrafe anterior, conlleva a una reducción del rendimiento y del $\cos(\varphi)$ bastante notable, con lo que desperdiciáramos mucha energía de las baterías y por ello disminuiría notablemente la autonomía.

1.2.8.- Convertidores. Transformación de corriente alterna a corriente continua.

En la mayoría de las aplicaciones de la electrónica de potencia el suministro de potencia viene de parte de una onda alterna senoidal suministrada por la red general o por una serie de generadores autónomos que posteriormente se convertirá a una señal de continua. La tendencia actual es usar rectificadores con diodos para convertir la entrada alterna en una salida de tensión continua como se ilustra en la figura 2.7.1. En este tipo de rectificadores con diodos la potencia sólo puede fluir desde la parte de alterna a la de continua.

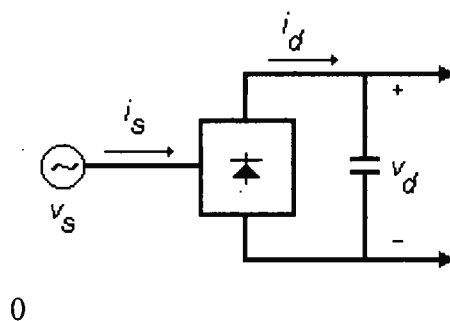
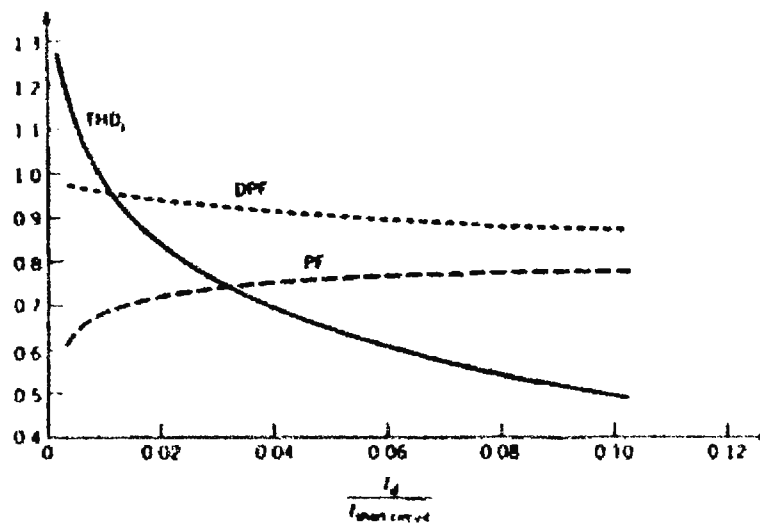


figura 2.7.1. Diagrama de bloques de un rectificador.

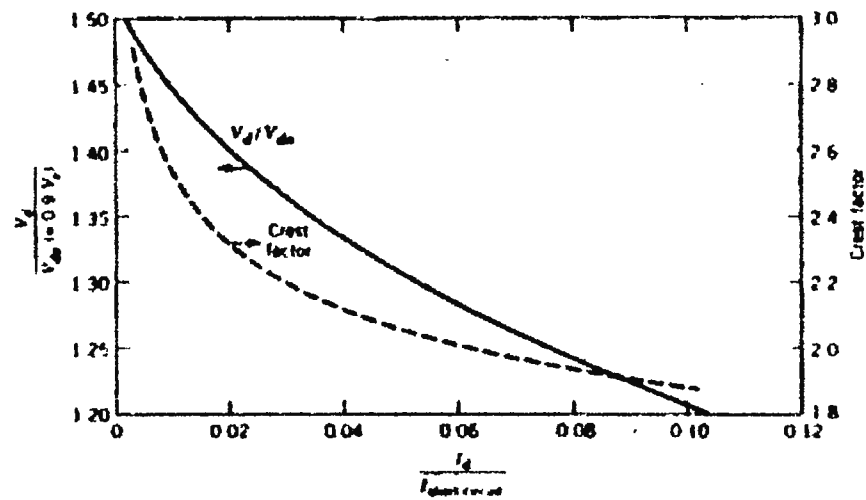
La tensión de continua de salida del rectificador debería tener el mínimo rizado posible, por lo tanto un gran condensador es conectado como filtro en la zona de continua.

1.2.8.1.- Elección del tipo de rectificador. Monofásico o Trifásico.

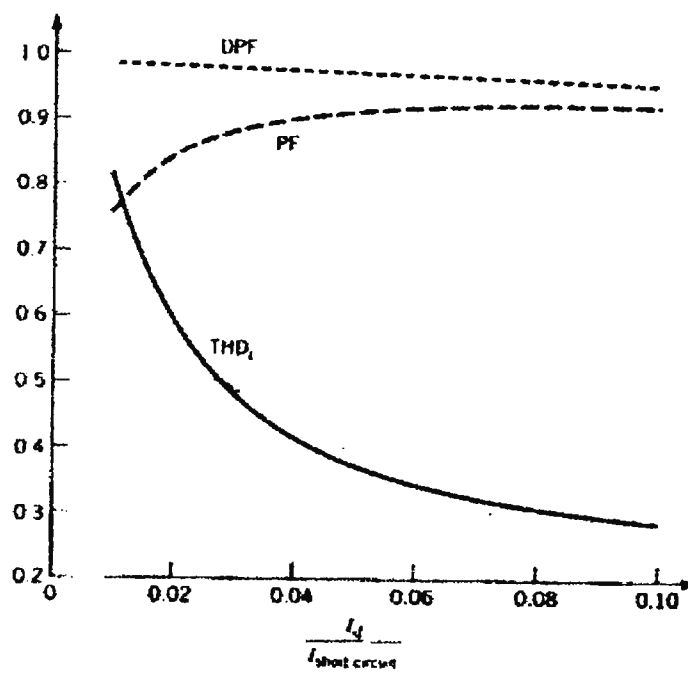
Primeramente podemos decir que la corriente que origina la rectificación en la fuente de alterna contiene significativamente más distorsión en un rectificador monofásico que en un trifásico. El resultado de esto es un peor factor de potencia en los rectificadores monofásicos. Esto es confirmado comparando las gráficas de a continuación.



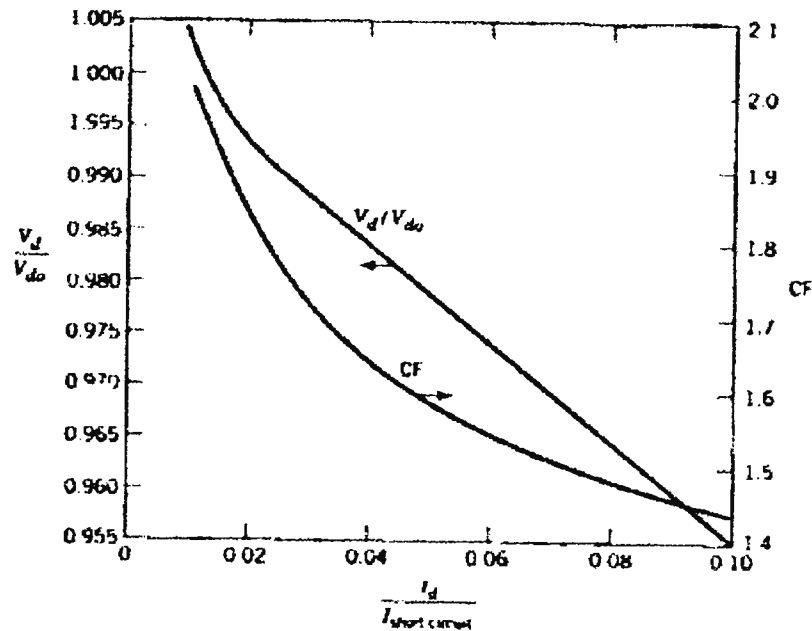
2.7.2. THD (total Harmonic Distorsion), DPF (Displacement Power Factor) y PF (Power Factor) in the single-phase rectifier with a constant dc-side voltage .



2.7.3. Normalized V_d and the crest factor in the single-phase rectifier with a constant dc-side voltage.



2.7.4. THD, DPF and PF in the three-phase rectifier with a constant dc voltage.



2.7.5. Normalized V_d and crest factor in the three-phase rectifier with a constant dc voltage.

Comparando las formas de onda de la intensidad de salida de los rectificadores podemos ver que el rizado es menor en los trifásicos que en los monofásicos. La corriente de rizado, que fluye a través del condensador de filtro, dicta la capacidad requerida en el condensador de dicho filtro. Por lo tanto el condensador de filtro necesario en un rectificador trifásico es más pequeño que el del monofásico.

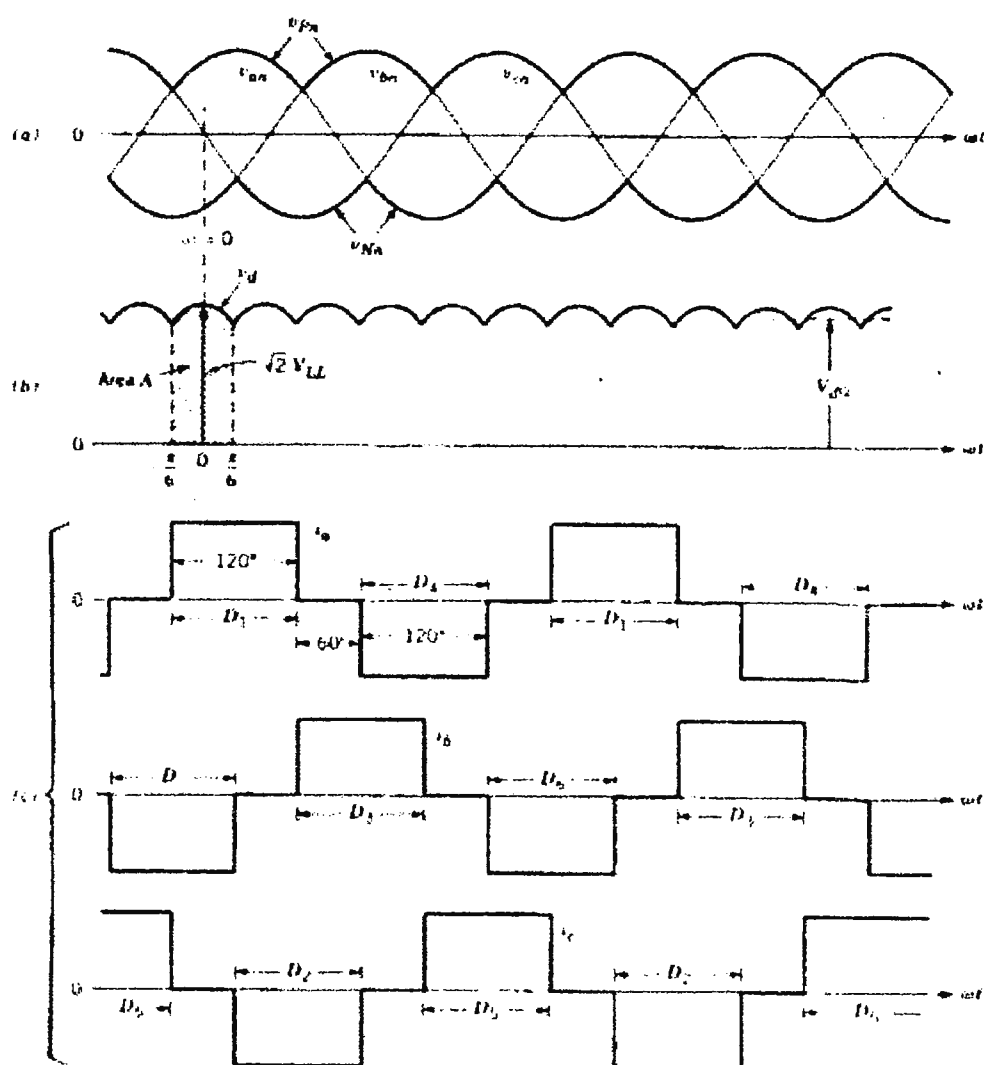


figura 2.7.6. Formas de onda en un rectificador trifásico.

En un rectificador trifásico la máxima regulación en la tensión de continua desde el estado de carga nula hasta el de plena carga generalmente será menor del 5%, como podemos ver en la figura 2.7.5. Esta regulación es a menudo mucho mayor en un rectificador monofásico.

1.2.8.2.- El rectificador trifásico.

El esquema básico de nuestro rectificador es el puente completo que se muestra en la figura 2.7.8.

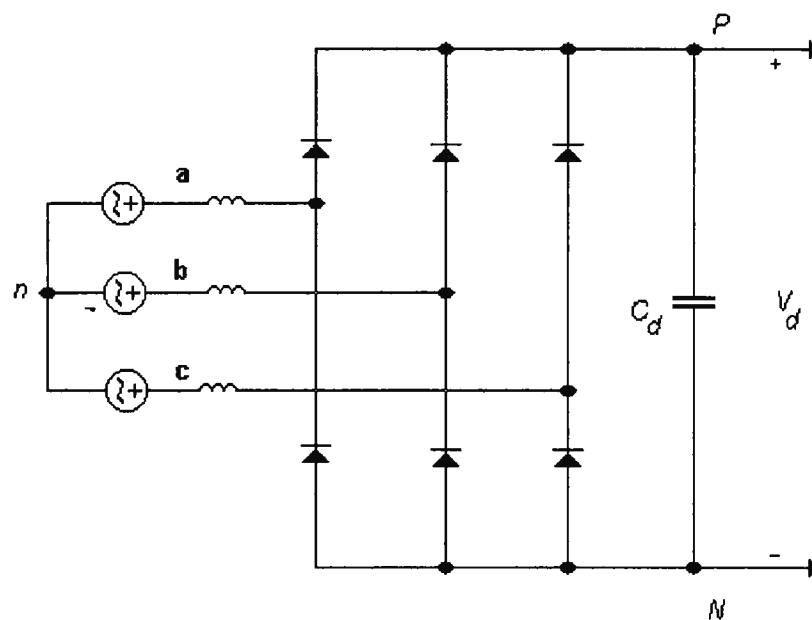


figura 2.7.8. Rectificador trifásico de puente completo.

Las formas de onda de las tensiones V_{Pn} , V_{Nn} y V_{do} son las que muestra la figura 2.7.9.

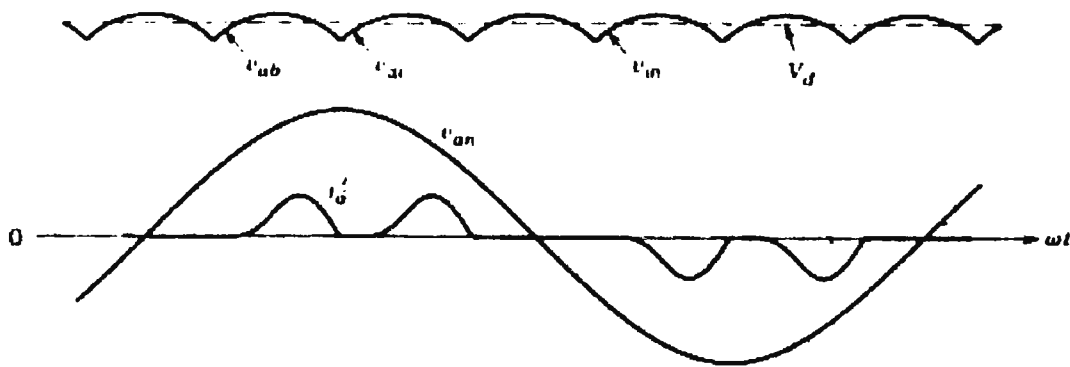


figura 2.7.9. Formas de onda de las tensiones de un rectificador trifásico

En este circuito podemos tener dos tipos de ecuaciones para la tensión de salida en función de que consideremos o no la inductancia de la fuente de entrada. Así tenemos:

- Sin considerar L : $V_{do} = \frac{3}{\pi} \times \sqrt{2} \times V_{LL} = 1.35 \times V_{LL}$.
- Considerando L : $V_d = 1.35 \times V_{LL} - \frac{3}{\pi} \times \omega \times L \times I_d$.

Donde V_{LL} es el valor eficaz de la tensión entre dos fases del generador trifásico e I_d es la intensidad suministrada a la carga en el lado de continua.

1.2.8.3.- Rectificador trifásico con una tensión de salida determinada.

Para un valor de tensión alterna determinada podemos conseguir un valor de tensión continua a la salida de magnitud controlable, sin en vez de usar diodos usamos tiristores. Esto se consigue retrasando el tiempo en el cual los tiristores empiezan a conducir.

Si llamamos α al ángulo de retraso que está asociado al retraso del tiempo en el cual los tiristores empiezan a conducir, la ecuación de la tensión de salida en la zona de continua definidas en el apartado anterior se modifican de la siguiente forma:

- Sin considerar L: $V_{d\alpha} = \frac{3}{\pi} \times \sqrt{2} \times V_{LL} \times \cos \alpha = 1.35 \times V_{LL} \times \cos \alpha$.
- Considerando L: $V_{d\alpha} = 1.35 \times V_{LL} \times \cos \alpha - \frac{3}{\pi} \times \omega \times L \times I_d$.

Las formas de onda de la tensión de salida se muestran en la figura 2.7.10.

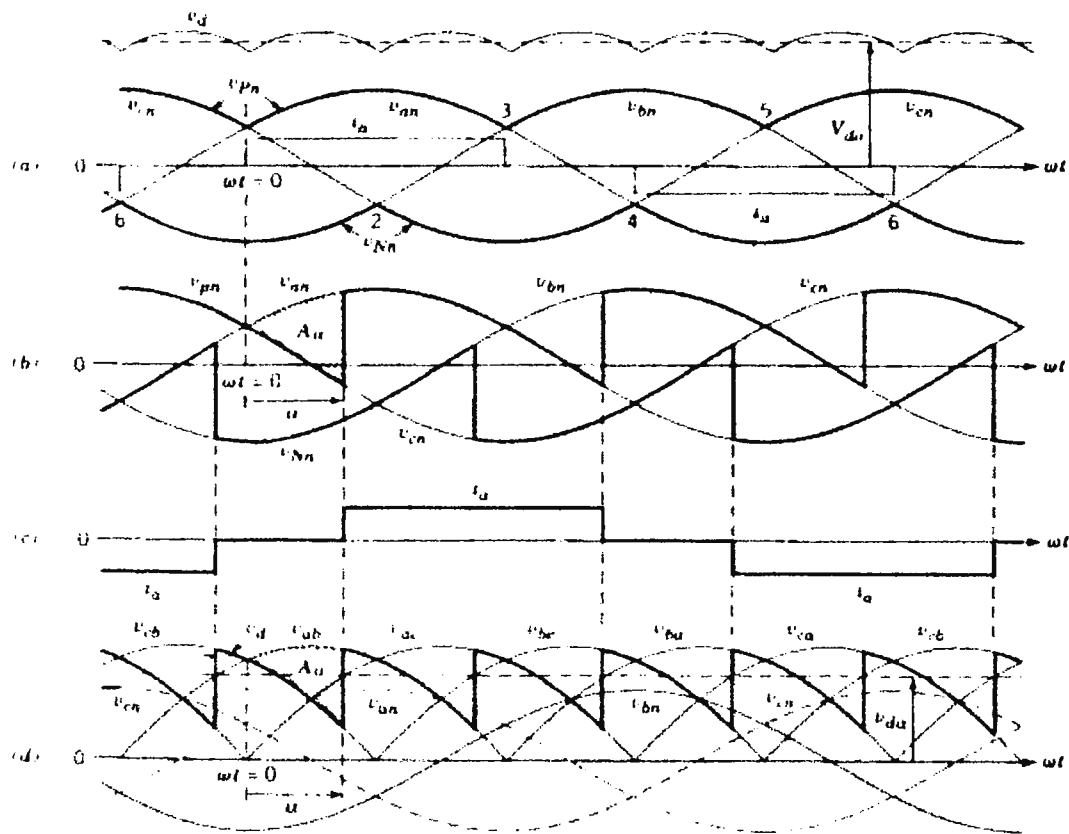


figura 2.7.10. Formas de onda de salida de un rectificador controlado.

1.2.9.- Inversores PWM.

Los Inversores dc-ac son usados en los motores de corriente alterna donde el objetivo es producir una salida alterna senoidal, cuya amplitud y frecuencia puedan ser controladas, a partir de una señal de continua.

Para ser precisos un inversor dc-ac es un convertidor a través del cual el flujo de potencia es reversible. Sin embargo, la mayoría de las veces el flujo de potencia es desde el lado de continua hacia el motor en el lado de alterna, funcionando entonces como un inversor.

Para reducir la velocidad del motor de alterna, la energía cinética asociada con la inercia del motor y su carga es recuperada y el motor de alterna actúa como un generador. Durante la llamada etapa de freno del motor, la potencia fluye desde el lado de alterna hacia el de continua del convertidor y por lo tanto actúa como un rectificador. La energía recobrada durante la frenada es disipada a través de una resistencia la cual se suele colocar en paralelo con el condensador de continua.

A la entrada del convertidor podemos tener una tensión de continua, llamado entonces inversor fuente de tensión (VSI, Voltage Source Inverters), o una intensidad de continua, llamado inversor fuente de corriente (CSI, Current Source Inverters).

Los inversores fuente de tensión se dividen en las siguientes tres categorías:

1. *Inversores con modulación por ancho de pulso (PWM. Pulse Width Modulation):* En este tipo de inversores la tensión de entrada es continua y constante en magnitud. Así el inversor debe controlar la amplitud y la frecuencia de la onda de tensión a la salida.
2. *Inversores de onda cuadrada:* En estos inversores, se controla el valor de la tensión continua de entrada y, por lo tanto, el inversor tiene que controlar sólo la frecuencia de la tensión alterna de salida. La tensión alterna de salida tiene una forma de onda similar a una onda cuadrada.
3. *Inversores monofásicos con cancelación de tensión:* En el caso de inversores con salida monofásica, es posible controlar la amplitud y la frecuencia de la tensión de salida, aunque la tensión de entrada sea constante y continua y el inversor no sea PWM (y por lo tanto la tensión de salida es una onda cuadrada). Así estos inversores combinan las características de los dos anteriores inversores. Es importante notar que esta técnica de cancelación sólo se puede usar con inversores monofásicos.

1.2.9.1.- Esquema del PWM.

Comenzamos diciendo que los inversores se pueden considerar como un tipo conversores. En estos últimos, una señal de control $v_{control}$ (constante o lentamente variante en el tiempo) es comparada con una onda triangular con el fin de generar las señales de control de los interruptores. Controlando de esta forma el factor de servicio de los interruptores podemos controlar el valor de la tensión continua de la salida.

En los circuitos inversores, el PWM es un poco más complejo, ya que como mencionamos anteriormente, deseamos que la salida del inversor sean una señal senoidal controlable en amplitud y frecuencia. Para producir la señal senoidal de salida a la frecuencia deseada, una señal de control ($v_{control}$) senoidal a la frecuencia que deseemos debe ser comparada con una onda triangular como se puede ver en la figura 2.8.1. La frecuencia de la onda triangular establece la frecuencia de conmutación de los interruptores y es generalmente mantenida constante a lo largo de toda la operación al igual que su valor de pico ($\hat{V}_{tri}$)

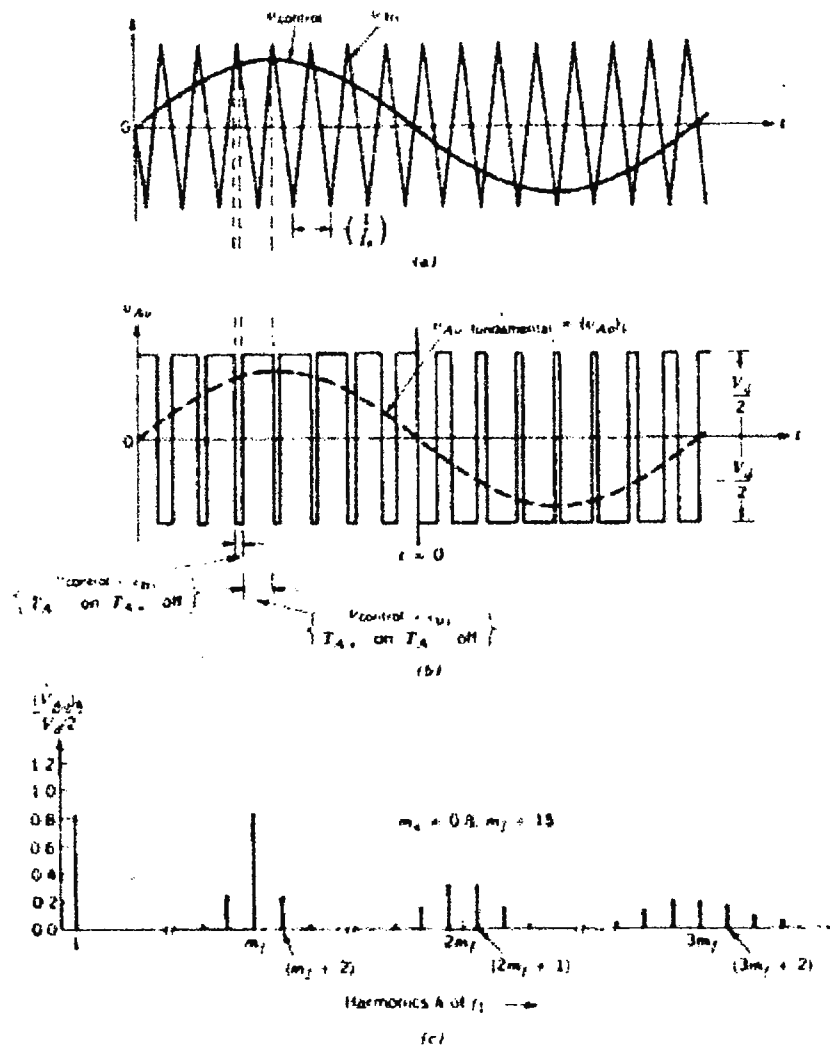


figura 2.8.1. Modulación por Ancho de Pulso en inversores.

A continuación definimos una serie de términos que se usan para estudiar el funcionamiento de estos inversores.

- v_{tri} : Como podemos ver en 2.8.1a. es una onda triangular a la frecuencia f_s , que establece la frecuencia de conmutación de los interruptores (también se suele llamar a esta frecuencia f_s la frecuencia de la portadora).

- $v_{control}$: La señal de control es usada para modular el factor de servicio de los interruptores y tiene una frecuencia f_l , que la frecuencia fundamental de la onda de salida (f_l también se llama frecuencia de modulación), con esto podemos decir que la onda de salida no será una onda senoidal perfecta y contendrá distintos armónicos a múltiplos de la frecuencia f_l .

- m_a (relación de modulación de amplitudes): $m_a = \frac{\hat{V}_{control}}{\hat{V}_{tri}}$. Donde el

símbolo $\hat{}$ indica valor de pico o máximo.

- m_f (relación de modulación de frecuencias): $m_f = \frac{f_s}{f_l}$.

1.2.9.2.- Inversores trifásicos.

Es posible alimentar a una carga trifásica con tres inversores monofásico, donde cada inversor produce una salida desplazada 120° (del valor de la frecuencia fundamental) con respecto a las otras dos salidas. Aunque esta solución podría ser útil en ciertas condiciones, requiere un transformador trifásico de salida o acceso separado a cada una de las fases de la carga. En la práctica, este acceso no suele estar disponible, además necesita 12 interruptores.

El inversor trifásico más comúnmente usado es el de la figura 2.8.2. con tres salidas, una por cada fase. Así en cada una de las salidas, por ejemplo v_{AN} (con respecto a la tierra del inversor), sólo depende de la tensión V_d de continua que tengamos a la entrada y del estado de los interruptores; la tensión de salida es independiente de la intensidad de carga de salida puesto que una de los interruptores de una pata está encendido en cualquier instante.

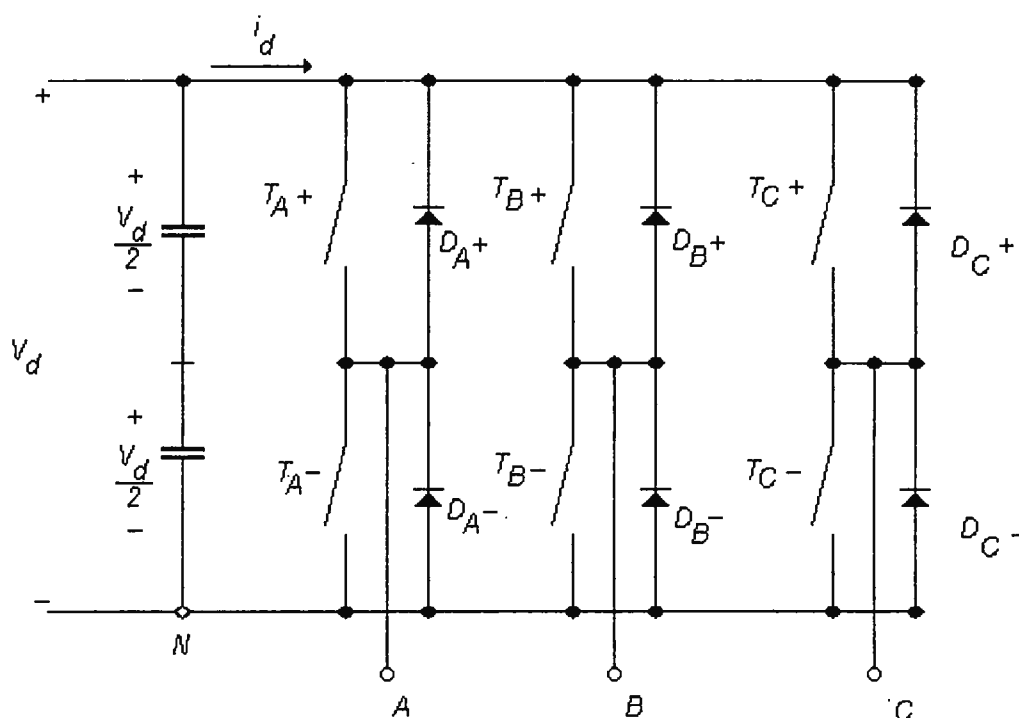


figura 2.8.2. Esquema básico de un inversor trifásico.

El objetivo en el control PWM trifásico de inversores es formar y controlar la tensión trifásica de salida en amplitud y frecuencia partiendo de una tensión constante de continua V_d a la entrada. Para obtener tensiones trifásicas equilibradas y compensadas a la salida, la misma onda triangular es comparada con tres ondas

senoidales de control ($v_{control,A}$, $v_{control,B}$ y $v_{control,C}$) que están desfasadas 120° , como muestra la figura 8.2.3.

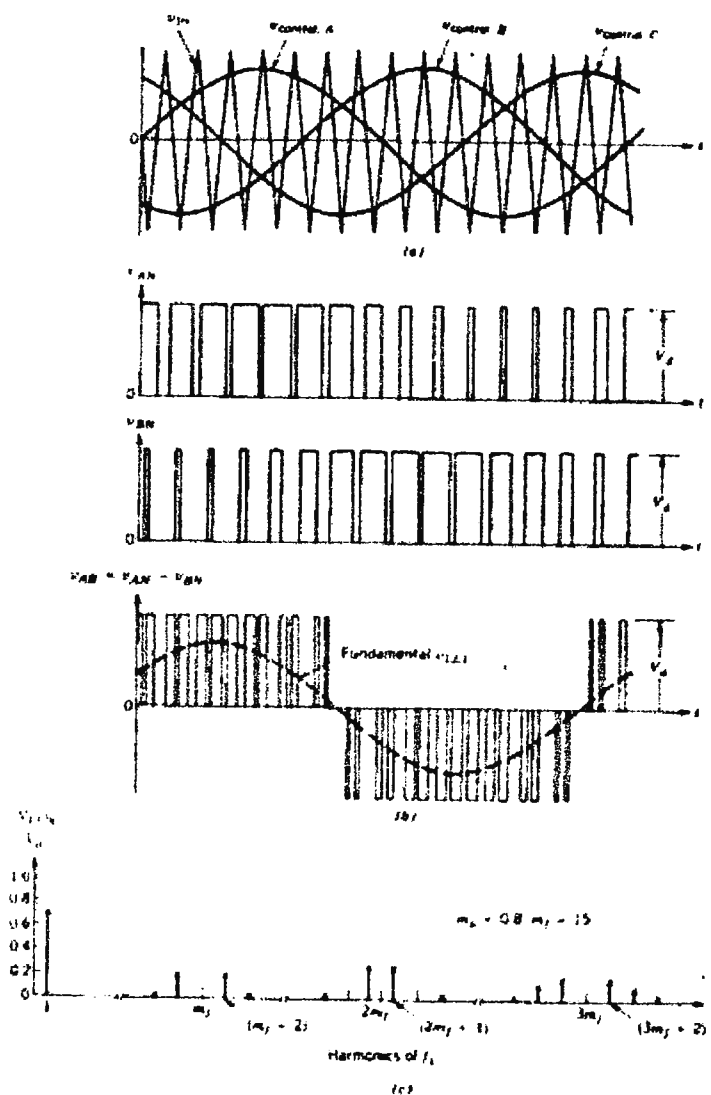


figura 2.8.3. Formas de onda del PWM trifásico y su espectro de armónicos.

1.2.10.- Dimensionamiento de los distintos elementos del autobús.

1.2.10.1.- Cálculo del par y de la potencia necesarios para mover el autobús.

Para realizar estos cálculos utilizamos la ecuación fundamental de la dinámica que se muestra a continuación:

$$\vec{F} = m \cdot g \cdot \sin(\alpha) + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \left(\vec{v} - \vec{v}_{\text{aire}} \right)^2 \cdot C_{xx} \cdot A_{fp} + m \cdot g \cdot f \cdot \cos(\alpha)$$

siendo:

- m: masa total del vehículo en orden de marcha,
- g: aceleración de la gravedad (aproximamos por 9.81m/s²).
- θ: ángulo, expresado en radianes, del grado de la pendiente. Equivale a $\arctg\left(\frac{\text{pendiente}(\%)}{100}\right)$.
- ρ: densidad del aire, generalmente 1.17 kg/m³.
- $\vec{v}$: velocidad del vehículo expresada en m/s.
- $\vec{v}_{\text{aire}}$: velocidad del aire expresada en m/s.
- C_{xx}: Coeficiente aerodinámico, estimado en 0.8.
- A_{fp}: Área frontal proyectada, expresada en m².
- f= Coeficiente de rodadura, estimado en 0.06.

Pasamos ahora a definir las variables de la ecuación fundamental de la dinámica que aún no están estimadas.

Masa (m):

Para la masa tenemos en cuenta los siguientes datos:

- Peso total del vehículo sin los componentes
de los accionamientos eléctricos: 10 550 kg.
- Peso estimado de las baterías: 1050 kg.
- 100 pasajeros a 75kg por pasajero: 7 500 kg.
- Peso estimado de los componentes
eléctricos: 1 000 kg.

Lo que hace un total de : 20 100 kg.

Área frontal proyectada (A_{fp}):

Para ello nos fijamos en la figura 2.10.1.

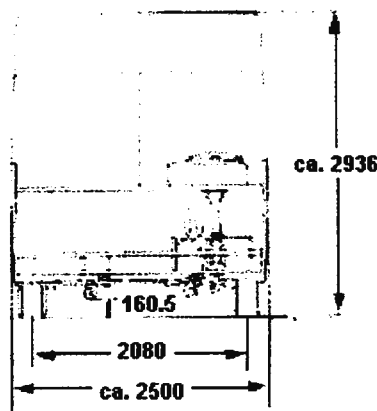


figura 2.10.1. Alzado frontal de nuestro autobús.

$$A_{fp} = (2.936 - 1.605) \times 2,080 = 5.77 \text{ m}^2.$$

Con lo que finalmente la ecuación nos queda de la siguiente forma, considerando nula la velocidad del aire:

$$\vec{F} = 197181 \cdot \text{sen}(\alpha) + 2.7 \cdot \vec{v}^2 + 11830.86 \cdot \cos(\alpha) \text{ (en N.)}$$

Como la potencia es el producto de la fuerza por la velocidad, ésta nos queda:

$$\text{Pot} = (197181 \cdot \text{sen}(\alpha) + 2.7 \cdot v^2 + 11830.86 \cdot \cos(\alpha)) \cdot v$$

A continuación mostramos una gráfica en la que podemos ver la potencia necesaria, en función de la velocidad, para un recorrido llano y para una pendiente del 20%, ambos a plena carga (en el último caso limitaremos la velocidad a 16 km/h, por limitaciones de potencia y par).

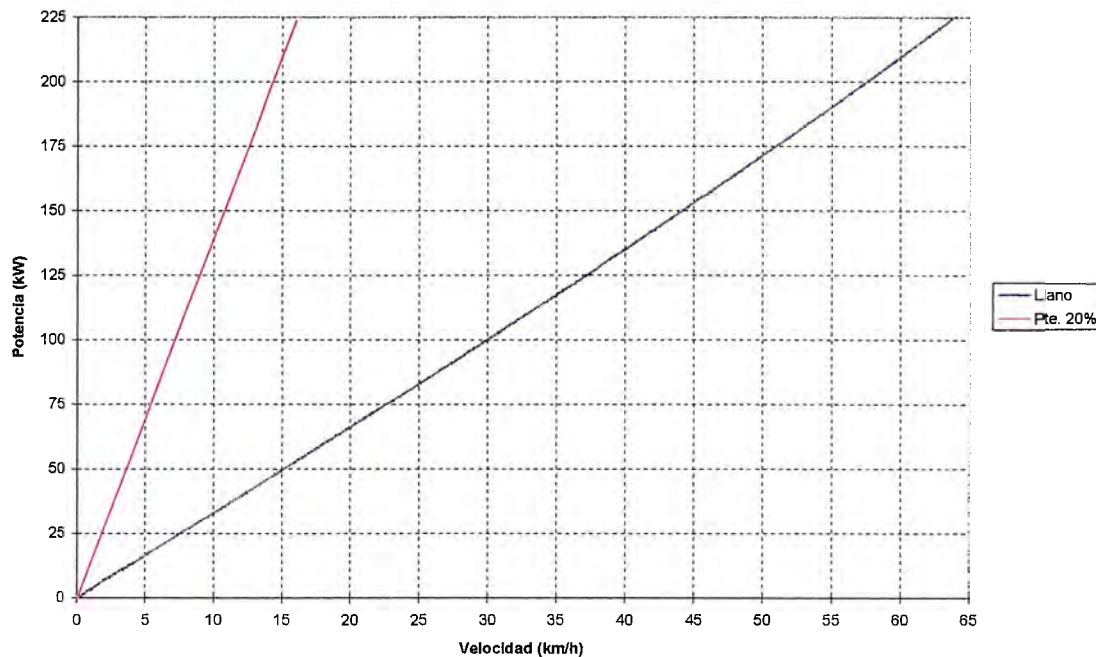


figura 2.10.2. Potencia necesaria en función de la velocidad.

El par está relacionado con la potencia por la siguiente ecuación:

$$P = M \times n \times \frac{2 \cdot \pi}{60}$$

donde n expresa la velocidad del motor en revoluciones por minuto (r.p.m.), la potencia viene expresada en vatios y el par en Nm.

La velocidad nominal de los motores queremos que sea de unas 1500 r.p.m. y la potencia nominal de los motores 180 kW (2×90 kW). La potencia máxima será de alrededor de 225 kW con una velocidad máxima de 1500 r.p.m.. Bajo estas condiciones obtenemos los siguientes valores de par nominal y par máximo:

- M_{nominal} : 1145 Nm.
- $M_{\text{máximo}}$: 1432 Nm.

1.2.10.2.- Dimensionamiento de los motores:

Elegimos 2 motores con las siguientes características unitarias:

- Potencia nominal: 90 kW
- Potencia máxima: 112.5 kW.
- Par Nominal: 572.5 Nm.
- Par máximo: 716 Nm.
- Motores de jaula de ardilla trifásicos de 4 polos y velocidad nominal de 1500 r.p.m.
- Tensión nominal de 480 V.

1.2.10.3.- Dimensionamiento del grupo generador:

Alternador:

- Generador síncrono de imanes permanentes de 160 kW de potencia nominal a 1900 r.p.m.
- Tensión nominal 480 V.

Motor térmico:

- Motor Diesel de una potencia nominal de unos 160 kW.
- Regimen de velocidad constante: 1900 r.p.m.

1.2.10.4.- Dimensionamiento de las baterías

Las baterías a utilizar serán de plomo gel de la marca TUDOR tipo 12 DBT-60. Las características son las siguientes:

Vienen en grupos de 6 elementos con un peso de conjunto de 25 kg., una tensión nominal de 12 V., capacidad de 53 Ah, la intensidad máxima suministrada en un intervalo de 15 minutos con una tensión de 1.7 V por cada elemento.

Con todo ello obtenemos:

- N° de baterías: $\frac{U_{nom.}}{U_{nom_unitaria}} = \frac{500}{12} \approx 42$
- Peso: $42 \times 25 = 1050$ kg.
- Energía total: $U_{nom} \times Capacidad = 42 \times 12 \times 53 = 26712$ Wh.
- Potencia: $(1.7 \times 6) \times 42 \times 104 \approx 45$ kW.

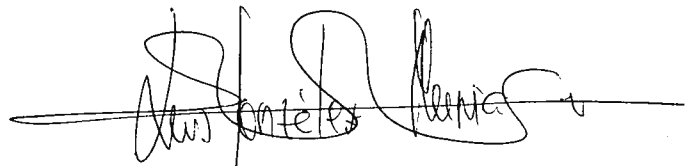
1.2.11.- Precio final.

El presente proyecto de autobús híbrido, diesel-eléctrico, tiene un precio de venta al mercado como el indicado en la parte de presupuesto del presente proyecto, el cual es igual a:

TREINTA Y DOS MILLONES SETECIENTAS MIL PESETAS

32.700.000 PESETAS

Madrid, 28 de Mayo de 1998

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Luis González Murias', written over a horizontal line.

Ingeniero: D. Luis González Murias

Tutor: D. Roberto Faure Benito

ESTUDIO ECONÓMICO

1.3.- ESTUDIO ECONÓMICO

Primeramente he de decir que a la hora de diseñar este autobús ha primado, a parte de la reducción de las emisiones contaminantes, el logro de un precio dentro de unos niveles razonables, es decir, sin alejarse demasiado del precio de un autobús diesel típico.

Podemos imaginarnos que este autobús le será suministrado a la EMT de Madrid, entonces la construcción de un autobús económico no se basa solamente en conseguir un vehículo de bajo precio adquisitivo, sino también en lograr un autobús que no le suponga un elevado cambio en la estructura de la propia empresa. Es decir, modificaciones exhaustivas en los talleres y en el personal, así como en recambios.

Para lograr esto hemos de aprovechar lo máximo posible las infraestructuras de que disponen. Para ello nos hemos decantado por la solución de utilizar un generador de elevada potencia (160 kW) que utilice un motor diesel de similares características a las de los motores de autobuses completamente diesel. Con ello reducimos gastos de mantenimiento y además reducimos el precio final del autobús al reducir considerablemente el volumen de las baterías.

Adoptando esta situación nos encontramos que nuestro autobús funcionará continuamente con el generador en marcha, funcionando en su régimen óptimo (con ello reducimos casi a la mitad las emisiones contaminantes con relación al ralentí en

las paradas de los autobuses típicos, y en menor proporción en otras situaciones) con lo que utilizando las baterías para suministrar potencia en los momentos de mayor necesidad o en reducidas zonas donde se necesite por limitaciones de contaminación ya sea a nivel de emisión de partículas como a nivel sonoro. Las baterías se irán cargando cuando el vehículo se encuentre parado o en régimen de velocidad constante.

Este autobús así ideado tiene un precio aproximado de 32.700.000 pesetas. Precio que si se compara con el de un autobús típico, que es del orden de 26 a 28 millones de pesetas, arroja un sobreprecio de casi cinco millones en el caso más favorable. Evidentemente la empresa, EMT en este caso, probablemente no los aceptaría a menos que se viese favorecida por subvenciones por reducir los niveles contaminantes. Para conseguir que estos autobuses sean competitivos hay que reducir su sobreprecio hasta dejarlo en torno a los 2 millones de pesetas. Esto se logrará en pocos meses pues la mayoría de los nuevos componentes que necesita nuestro vehículo comenzarán a ser fabricados en cadena por empresas del sector, entre las que se encuentra la alemana SIEMENS, y dejarán de ser elementos contruidos casi artesanalmente y por encargo.

Este tipo de autobús también es considerablemente más económico que el híbrido opuesto, es decir, de elevada potencia en las baterías y con un grupo generador que se utilizase para momentos delicados y para recargar a las baterías en las paradas. Actualmente existen autobuses de este tipo en funcionamiento. Una versión corta (de

6 metros) se encuentra en fase de pruebas en la ciudad de Sevilla y su precio es de alrededor de 25 millones de pesetas. Una versión de 12 metros se encuentra en algunas ciudades italianas, pero por su precio se puede considerar casi prohibitivo, pues ronda los 60 millones de pesetas.

Comparando el autobús que se desarrolla en este proyecto con los nuevos de gas natural, resulta también un poco más económico, ya que éste tiene un precio en torno a los 35 millones de pesetas al que hay que sumarle las mayores modificaciones en los talleres y servicios de mantenimiento.

Podemos concluir asegurando que este autobús se convertirá en una opción muy válida y a tener en cuenta en un futuro cercano, tanto a nivel de precio como a nivel de emisiones contaminantes y de ruidos.

TIPO DE AUTOBUSES	PRECIO (ptas)
Autobús clásico diesel	26-28 millones
Autobús de gas natural	35 millones
Autobús híbrido con generador de alta potencia	32.7 millones
Autobús híbrido con elevada potencia en las baterías (12 metros)	60 millones
Autobús híbrido con elevada potencia en las baterías (6 metros)	25 millones

ANEXOS

ANEXO N° 1

TOYOTA PRIUS

El primer coche híbrido

● TOYOTA PRIUS El primer coche híbrido

En Japón se ha puesto a la venta el Toyota Prius, el primer automóvil híbrido de serie, que funciona con energía eléctrica y motor convencional de gasolina. Hasta el momento, los únicos vehículos de este tipo han circulado como prototipos experimentales, y nunca antes llegaron a comercializarse. Toyota espera vender en el país nipón mil unidades mensuales del Prius



El nuevo Toyota puede ser considerado como un híbrido total, ya que, hasta el momento, los modelos de laboratorio usaban un motor de gasolina que funcionaba exclusivamente para generar, a través de alternadores, la energía eléctrica necesaria para cargar las baterías, que a su vez alimentaban el motor eléctrico encargado de mover el vehículo. En otros casos, el movimiento se conseguía usando alternativamente el motor térmico o el eléctrico, según la necesidades y condiciones de conducción. Sin embargo, el Prius utiliza, con un sistema de variación continua, las dos fuentes de potencia, optimizando la mejor eficiencia de energía y reduciendo al mínimo las emisiones de gases contaminantes.

El Prius inicia la marcha con el motor eléctrico, con la energía suministrada por las bate-

rias. Una vez que el vehículo adquiere una determinada velocidad, el reductor epicicloidal comienza a repartir la potencia de forma combinada entre el motor de gasolina y el eléctrico. Un repartidor, que actúa automáticamente de forma computarizada, dirige la energía del motor térmico a las ruedas y al generador de electricidad, manteniendo el motor en un régimen de funcionamiento de máxima eficiencia de rendimiento y mínima emisión de gases.

Energía aprovechada.

Durante la marcha normal, la corriente eléctrica proviene únicamente del generador, mientras que en las fases de aceleración a pleno gas se refuerza por la energía de las baterías,

ofreciendo un incremento del par. Cuando el coche circula con pocas exigencias mecánicas, como en cuestas abajo, funciona exclusivamente mediante electricidad.

El sistema está diseñado para dirigir la potencia del motor térmico a la recarga de las baterías cuando detecta que están bajas. Además, un equipo de frenos regenerativos recupera energía de las ruedas en los descensos y al frenar, gracias a lo cual las baterías no necesitan ningún sistema de recarga externa. Las baterías son de níquel-metal-hidruro, mucho más eficaces que las convencionales de níquel-cadmio. Asimismo, cuando el vehículo circula por una pendiente prolongada, a baja velocidad o cuando se

encuentra parado en un semáforo, el motor de gasolina apaga.

Buenas prestaciones

Según el fabricante, las prestaciones del coche son buenas comparables a las de coches de tamaño similar, sin esperar los valores concretos de velocidad y aceleración. Respecto a su coste, por el momento la única referencia es la de su precio en Japón, aproximadamente 2.700.000 pesetas, incluye el sistema de navegación satélite dentro del equipo serie. En comparación con coches convencionales de segmento, el precio es ligeramente superior, aunque esta diferencia puede recuperarse mediante el ahorro en el consu-

Ficha técnica: Motor térmico de gasolina. Cilindrada: 1.800 cc. Potencia: 58 CV a 4.000 rpm. Consumo: 3,5 litros a los 100 km.

Motor eléctrico: Tipo Magneto permanente. Potencia: 30 kw ó 41 CV a 2.000 rpm. Baterías: Níquel-metal-hidruro.

Capacidad: 6,5 Ah. **Transmisión:** automática. **Dirección:** cremallera. **Suspensión:** Delantera: muelles helicoidales y estabilizadora.

Trasera: Tipo E-ax. **Frenos delanteros:** discos ventilados. **Frenos traseros:** tambores. **Peso:** 1.515 kg. **Longitud:** 4,27 m. **Anchura:** 1,75 m.



Según el fabricante, la prestaciones del Prius similares a las de coches de igual tamaño. Tampoco el aspecto exterior e interior hace destacar del resto, aunque el vehículo inicia su marcha con la energía suministrada por las baterías, la potencia se reparte entre el motor de gasolina y el eléctrico. Aunque ya se comercializa en Japón, todavía no se ha anunciado su fecha de comercialización prevista en España.

de gasolina, especialmente en los mercados donde el precio del combustible es alto, tal como ocurre en Japón y la mayoría de países europeos.

Limpio y ecológico. Donde las ventajas del Toyota Prius son indiscutibles, a tenor de los datos facilitados por el fabricante, es en el apartado de limpie-

za y valor ecológico. En condiciones normales de uso, emite un 90 por 100 menos de contaminación que los coches convencionales de sus mismas prestaciones, lo que significa un 50 por 100 menos de emisiones de dióxido de carbono.

Aunque por el momento no hay una fecha para su comercialización fuera de Japón, To-

yota tiene una clara intención de vender el Prius en Europa y América, aunque en los Estados Unidos, por el bajo precio de la gasolina, quizá no sea aún competitivo respecto a otros modelos.

Por otro lado, hay que mencionar que, si bien el Prius es una de las más interesantes innovaciones lanzadas al merca-

do, con el fin de reducir el consumo de combustibles fósiles y rebajar los gases contaminantes, muy pronto aparecerán otras opciones mucho más avanzadas, como los automóviles con células generadoras de hidrógeno, que están en fase de experimentación.

Francisco DEL BRIO



Número 3 ya a la venta

TURISMO RURAL EN ENERO

Vente a conocer la Serranía de Ronda, a la noche en un caserío vasco y una finca extremeña.

A pedalear por el bajo Aragón, pasear por los acantilados asturianos del Infierno, al pie del natural del Delta del Ebro, a comer y beber en la Ribera Navarra, y a descansar a la sombra de los balnearios portugueses del Alto Tâmega. O a visitar las haciendas cafeteras de Colombia.

Y no es lo único de Turismo Rural, en enero...

**Turismo
RURAL**
Otras formas de viajar y disfrutar

ANEXO N° 2

Mercedes-Benz O 405 G

Autobús articulado standard



Mercedes-Benz
O 405 G
Autobús articulado standard



El Mercedes-Benz O 405 G: normas de confort, técnica y rentabilidad.

En el futuro se impondrán tareas más exigentes que hoy a los transportes públicos de cercanías. Para estas tareas se ofrece ya ahora el autobús articulado Mercedes-Benz O 405 G, con propulsión trasera. Junto al autobús urbano O 405, el autobús urbano de plataforma baja O 405 N, el microbús O 402 y los autocares de línea O 407/ O 408, Mercedes-Benz ofrece una "familia" completa de autobuses, fabricados en las más modernas instalaciones.

El O 405 G no sólo dispone de las mismas y singulares ventajas de su antecesor, el O 305 G, sino que también ofrece más comodidad todavía para los pasajeros, mejores condiciones de trabajo para el conductor, mayor rentabilidad para el empresario y mayor compatibilidad con el medio ambiente: así puede caracterizarse el O 405 G. El concepto de autobús articulado con el motor en la parte trasera del vehículo y propulsión por el último eje fue llevado a la práctica primero en el O 305 G. Dicho concepto es un requisito importante para poder realizar la ventajas de la estandarización como, p. ej., el piso más bajo del vehículo, con accesos cómodos, también para este tipo de autobús. La mejorada articulación proporciona elevado confort de marcha, un comportamiento seguro y un manejo que facilita enormemente el transporte de hasta 170 pasajeros de modo cómodo, fiable y puntual en servicio unipersonal. Los motores OM 447 h y OM 447 hA han sido perfeccionados mediante una labor de investigación y desarrollo intensos, distinguiéndose por una compatibilidad ambiental y una economía todavía mayores, así como por una curva más favorable del par motor, que garantiza un mejor desarrollo de fuerza. Todos los ejes son de Mercedes-Benz y están adaptados con gran precisión entre sí.





Las ventajas comienzan con una subida y bajada cómodas.



Mediante anchas puertas de dos batientes oscilantes hacia el interior, los pasajeros (incluidos niños y personas de edad avanzada) pasan con rapidez, seguridad y comodidad al interior del autobús. Los peldaños bajos, de cantos redondeados, están recubiertos de material antirresbaladizo y son muy resistentes a la corrosión. El acceso delantero del O 405 G está configurado en forma de "doble vía", lo que facilita la subida y bajada simultáneas

de pasajeros. Para mayor seguridad de éstos, hay asideros en todas las hojas de puertas, así como barras de sujeción en posición asimétrica. Así, pueden subir y bajarse sin problemas cochecitos de niños y sillas de ruedas. Mediante cilindros especiales en los ejes de las columnas giratorias, las puertas se abren y cierran de modo uniforme y se evita todo movimiento violento de sus hojas. Todas las puertas están provistas de una protección

contra aprisionamientos al abrirse o cerrarse. Este sistema de seguridad cumple de modo ejemplar con las normas de prevención de accidentes. Opcionalmente, la hoja delantera de la puerta delantera puede dotarse de un accionamiento independiente. La puerta trasera está provista de un sistema automático. Así, el pasajero mismo puede abrirla cuando el vehículo está detenido, apretando un botón. La puerta se vuelve a cerrar a los

pocos segundos, cuando el peldaño inferior no está cargado. La puerta central puede dotarse también de dicho automatismo.



El espacio interior: configurado con gusto,
●onfortable y funcional.



La primera impresión que experimentan los viajeros al subir al autobús es un ambiente de combinaciones armónicas de colores, luminosidad, materiales de gran calidad y mucho espacio. Aquí se demuestra que una construcción rentable y funcional no tiene por qué significar excesiva sobriedad y estrechez de espacio. Las grandes superficies de ventanas proporcionan mucha claridad y permiten una amplia visibilidad tanto a los pasajeros de pie como a los sentados. Las puertas, totalmente acristaladas, mejoran también la visibilidad tanto para el conductor como para los pasajeros.

Los asientos individuales de tipo envolvente son cómodos y ofrecen una buena sujeción. El piso del autobús, más bajo, y el techo, más elevado, ofrecen mayor altura interior. En todas partes hay barras de sujeción o asideros al alcance de la mano. El suelo está recubierto de un material antirresbaladizo. La plataforma de articulación cuenta con un diseño agradable y una eficaz protección contra lesiones. Para la orientación rápida en viaje, se suministra a deseo un indicador interior de paradas de buena legibilidad. Un punto luminoso o una cinta arrollada indican la parada siguiente.

El compartimiento de pasajeros está muy bien aislado contra el calor y los ruidos sobre todo en la zona cercana al motor. El eficaz sistema de calefacción y ventilación impide que el ambiente tienda a ser sofocante. El piso del vehículo está eficazmente estanqueizado y protegido contra la corrosión. Unas esquinas y ángulos redondeados permiten una limpieza sencilla y a fondo, incluso con manguera. Estos son puntos de ventaja que ahorran tiempo y dinero.

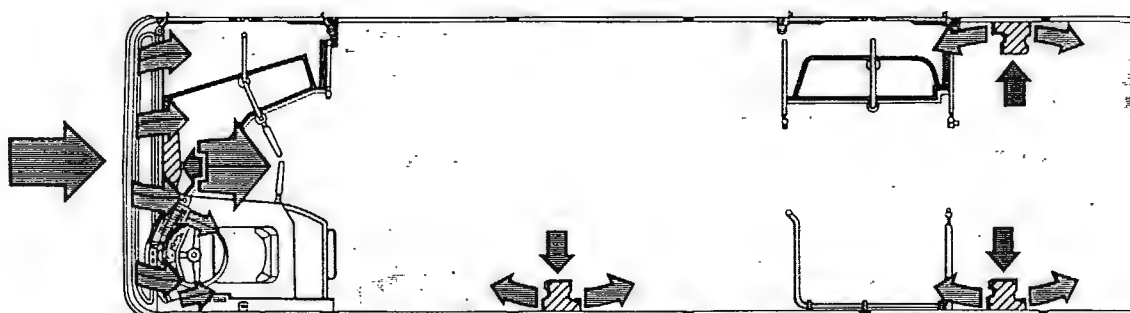
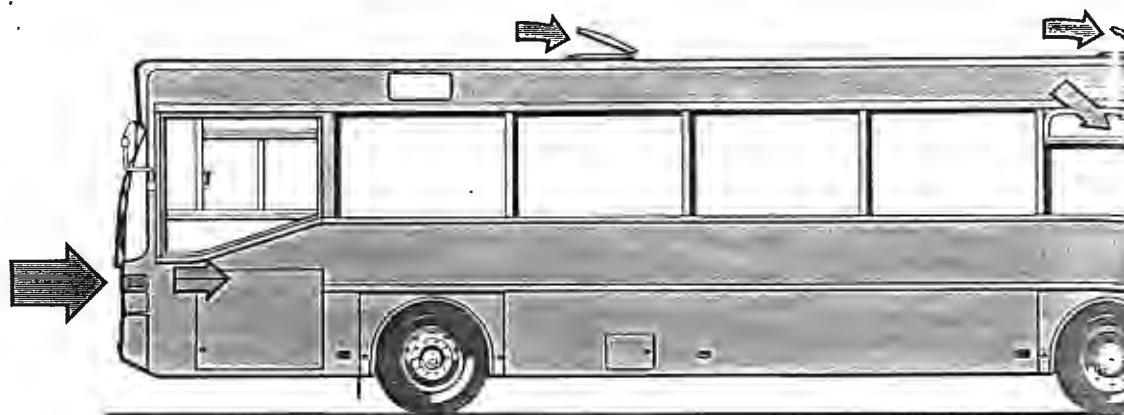


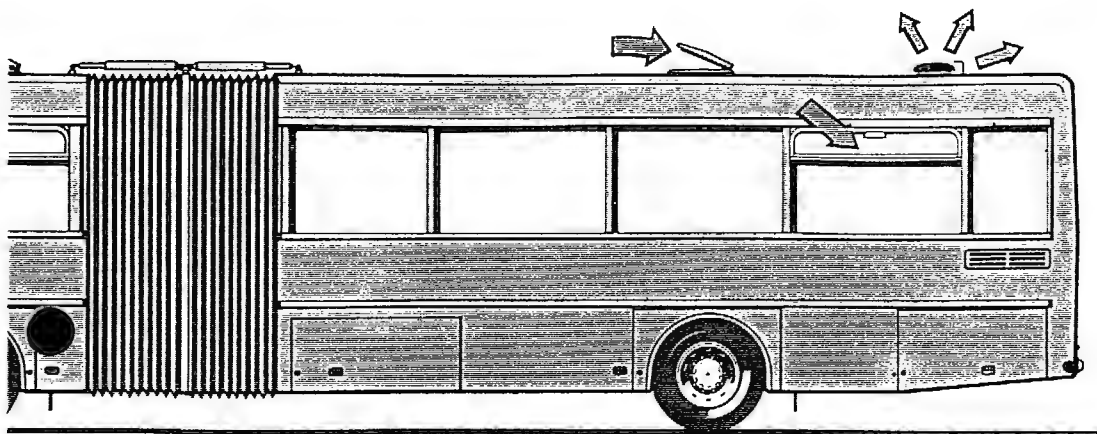
Para un ambiente agradable: el eficaz sistema de calefacción y ventilación.

Las paradas frecuentes con apertura de puertas constituyen un problema para los autobuses urbanos, que a menudo los sistemas de calefacción y ventilación no consiguen paliar. Por esta razón, en el O 405 G se ha realizado la mejor de todas las posibilidades. Seis calefactores en el piso, con regulación termostática, calientan el compartimento de pasajeros. Un potente calefactor delantero caldea la zona del conductor, pudiéndose acceder a él fácilmente a través de una trampilla central de mantenimiento. Los radiadores de los calefactores son de fácil limpieza, sin que tenga que interrumpirse el circuito de agua.

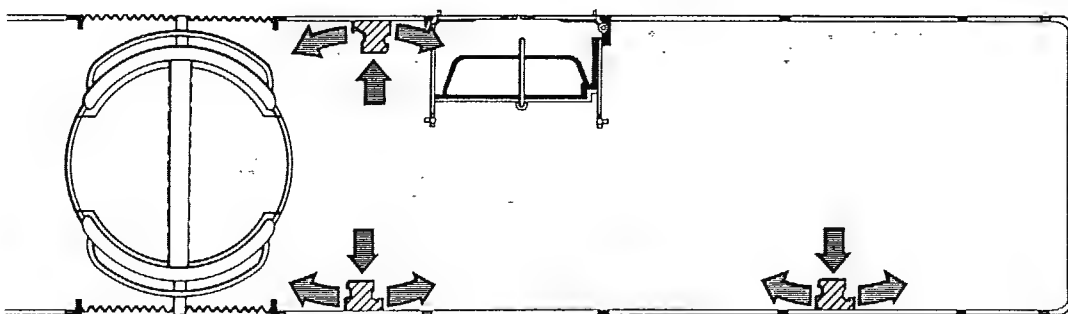
Los potentes sopladores consumen poca corriente. También el puesto del conductor, separado por una cabina del compartimento de pasajeros, se puede calefaccionar y ventilar eficazmente. Una vez desconectado el circuito de agua caliente, los calefactores sirven para la ventilación. Unos canales en el techo con ranuras de ventilación, que se suministran a deseo, conducen el aire sin ruidos al compartimento de pasajeros y a los cristales laterales y de la zaga, que no se hielan ni se empañan. La salida de aire tiene lugar mediante tres escotillas regulables en el techo y dos ventiladores eléctricos en la unidad trasera. Otra salida adicional tiene lugar mediante una caja de ventilación en el techo. Una ventana corrediza en el lado del conductor y dos ventanillas basculantes en cada unidad del vehículo se encargan a su vez de proporcionar aire fresco.

Esquema de calefacción y ventilación (equipo de serie)

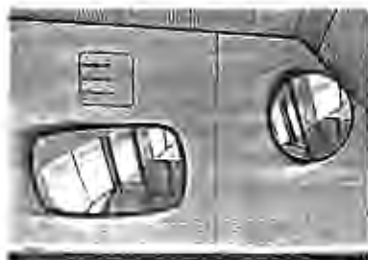




-  aire del exterior
-  aire en circulación
-  aire caliente
-  aire del exterior, calentado
-  aire de salida



Seguridad para los pasajeros y alivio para el conductor: El puesto del conductor facilita el manejo.



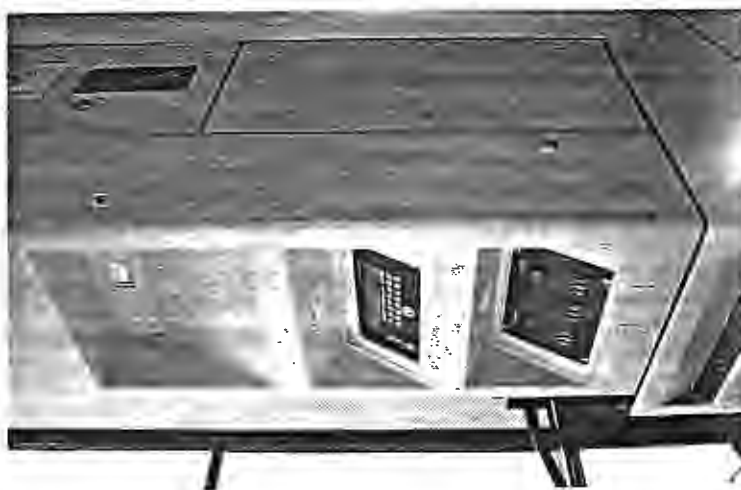
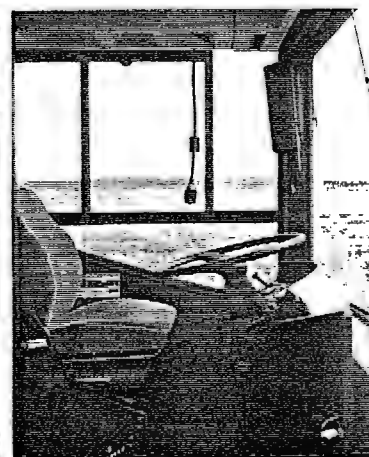
El puesto del conductor en el O 405 G está estudiado ergonómicamente y configurado sin perder de vista la seguridad. Esto significa aquí ante todo buena visibilidad. Un parabrisas muy prolongado hacia abajo y puertas totalmente acristaladas amplían el campo de visibilidad del conductor. Unas columnas muy estrechas reducen el ángulo muerto. El cristal delantero de la ventana lateral del conductor es calefactable, por lo que no puede helarse ni empañarse. Los espejos exteriores orientables se pueden quitar y, a deseo, se suministran calefactables. La persiana enrollable en la mitad izquierda del parabrisas protege contra el deslumbramiento. Los espejos interiores empotrados no pueden ser movidos por los pasajeros.

Los faros rectangulares, similares a los de los turismos Mercedes, han sido diseñados especialmente para los autobuses urbanos. A deseo, se suministran faros halógenos H4 con luz antiniebla. Los nuevos y grandes limpiaparabrisas barren una superficie mayor. El asiento del conductor es de configuración anatómica y cuenta con buena suspensión, se regula en varias posiciones y, a deseo, también es giratorio. Los elementos de mando se hallan al alcance de la mano y los instrumentos son muy legibles. El tablero está diseñado de acuerdo con el concepto VÖV (Asociación alemana de empresas de transportes públicos) y posee una protección antirreflejos. La cabina del conductor está provista de serie de una pared trasera de plexiglás



de forma envolvente. Así, el puesto del conductor está separado del compartimento de pasajeros y protegido contra influencias que puedan causar distracción. La cabina tiene calefacción y ventilación (ésta, sin corrientes) individuales. El conductor trabaja con mayor tranquilidad y concentración, manteniendo, sin embargo, el contacto necesario con los pasajeros.

Sobre el puesto del conductor se halla un armario cerradizo y un compartimento de seguridad con tapa acristalada, que contiene el equipo necesario para averías y de emergencia. A través de 8 altavoces repartidos por el compartimento de pasajeros, se garantiza una buena información de éstos.

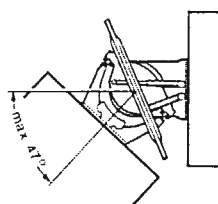
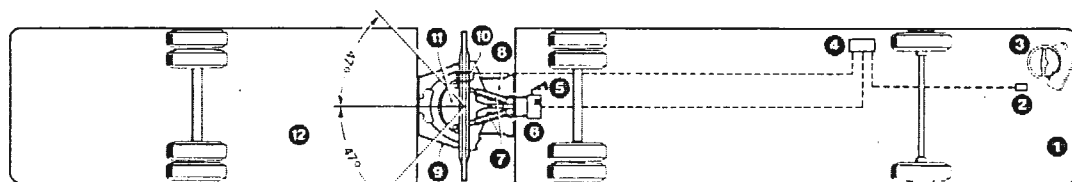
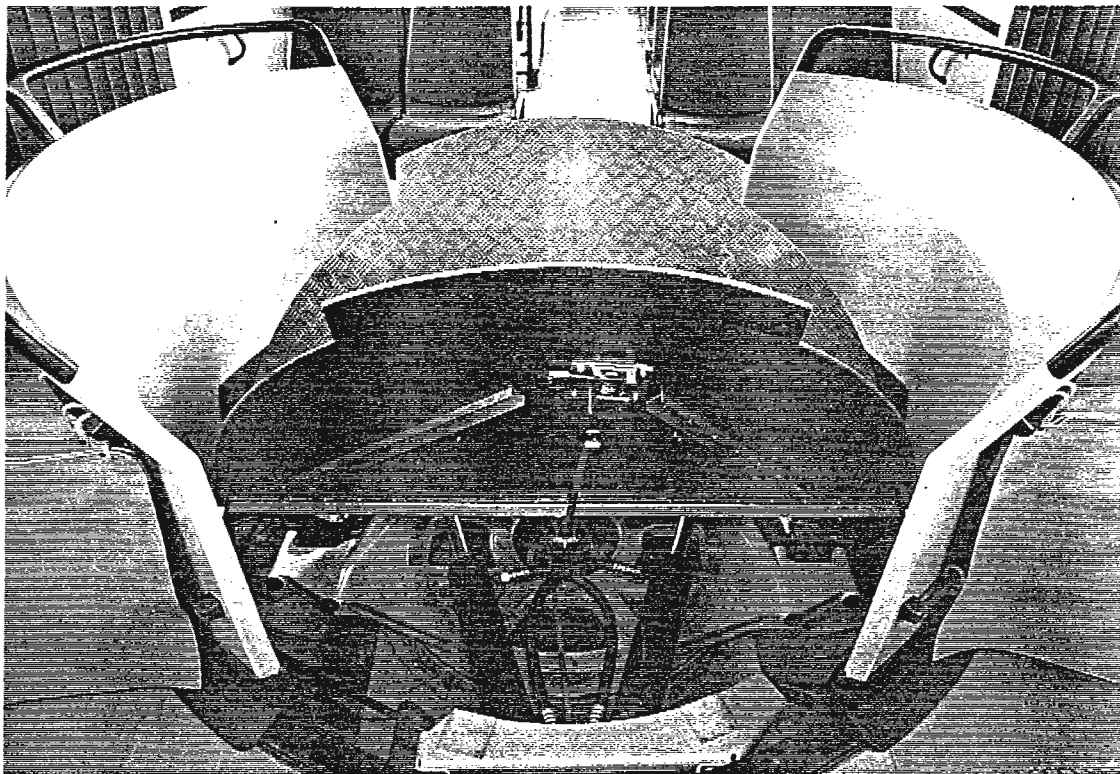


O 405 G: el autobús articulado de propulsión trasera con dispositivo antipandeo "inteligente".

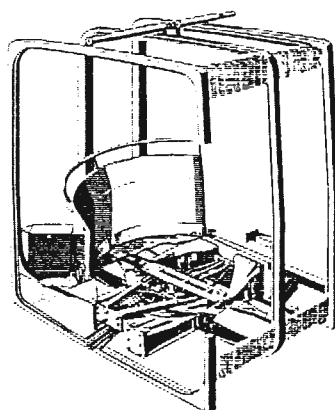
El Mercedes-Benz O 405 G está equipado con un dispositivo antipandeo que corresponde a los últimos adelantos de la técnica de mando y regulación. En invierno se imponen exigencias especialmente elevadas a la seguridad de los vehículos. Aquí, el O 405 G Mercedes-Benz es realmente ejemplar: gracias a la regulación antipandeo, puede aprovechar plenamente las ventajas de la propulsión mediante el trasero cargado. Esta instalación cumple dos funciones de gran importancia:

1) Bloquea la articulación cuando el eje central corre peligro de derrapar sobre calzada resbaladiza. De este modo, las dos partes del vehículo forman una unidad rígida.

2) Los movimientos horizontales de la unidad trasera son amortiguados en marcha normal. En cambios rápidos de dirección y sobre calzadas en mal estado, la unidad trasera no colea.



- | | |
|--|------------------------------------|
| 1 Parte delantera | 7 Cilindros hidráulicos |
| 2 Transmisor del ángulo de orientación de las ruedas | 8 Apoyo de la parte delantera |
| 3 Dirección | 9 Soporte de la parte trasera |
| 4 Sistema electrónico antipandeo | 10 Transmisor del ángulo de pandeo |
| 5 Acumulador de presión | 11 Unidad orientable |
| 6 Bloque hidráulico de mando | 12 Parte trasera |



La técnica del dispositivo antipandeo.

Este dispositivo consiste en una parte de regulación y otra de trabajo. La primera consta de dos transmisores en el brazo de mando de la dirección y en la corona de articulación, así como de un aparato de regulación electrónica que compara el ángulo de orientación de las ruedas delanteras con el que forman entre sí las dos unidades del vehículo.

La parte de trabajo consiste en dos modernos cilindros hidráulicos de doble efecto que pueden

ejercer lo mismo empuje que tracción.

Si el comparador-regulador detecta que el ángulo de pandeo se hace mayor de lo que debería ser con el ángulo de orientación existente, el vehículo forma una unidad rígida y se impide un pandeo adicional. El dispositivo trabaja de modo totalmente automático y prácticamente sin retardo. Los topes de los cilindros hidráulicos impiden que se sobrepase el ángulo de pandeo máximo admisible. De este modo, se evitan daños en el fuelle.

● El O 405 G: rentabilidad a tope.



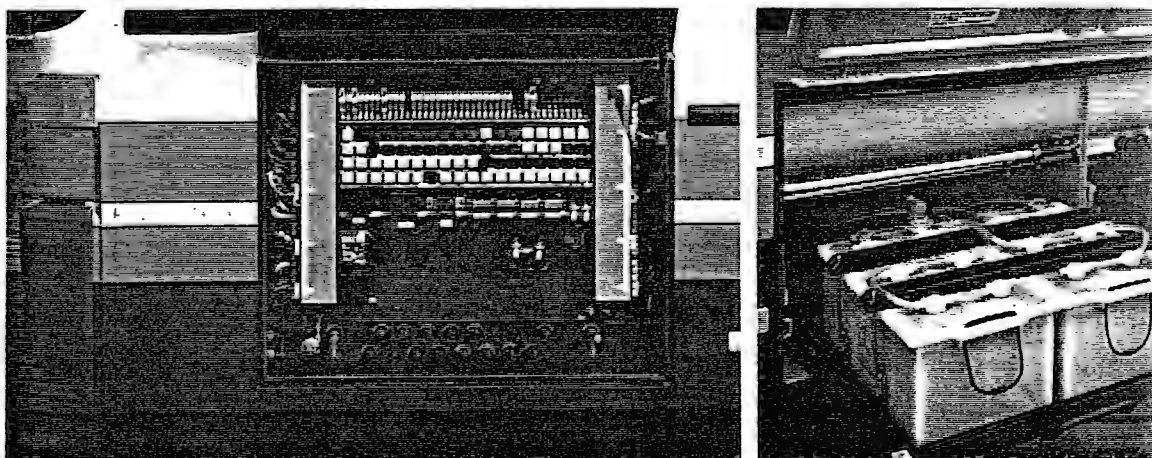


Sencillez de mantenimiento: un requisito para una elevada rentabilidad.

El O 405 G tiene, además de la gran trampilla del compartimento del motor, tapas para el mantenimiento de los otros grupos. A través de la gran tapa frontal se accede a la dirección, los pedales, el calefactor delantero, la instalación lavapara-brisas, así como los faros. Unas tapas a izquierda y derecha sobre los faros que, además, son giratorios, constituyen otros tantos puntos de ventaja. De este modo, se ejecutan trabajos de menor importancia con pocas manipulaciones. Las tapas de los pasarruedas, suministrables con fijación a presión, facilitan el cambio de las ruedas.

Con superficies exteriores lisas y puertas que cierran al ras, el O 405 G permite su lavado en túneles y se presta muy bien para la publicidad en su exterior... incluso en la zona sobre las ventanas.

El compartimento eléctrico central está situado de modo muy accesible bajo la ventana lateral del conductor, y es de disposición clara y ordenada. Otro compartimento en la zaga aloja tanto las conexiones eléctricas, que se hallan sobre soportes deslizables, como los contactos de prueba adicionales. Las conexiones, sin soldaduras, se realizan mediante unión por enchufe, por lo que se pueden cambiar con más facilidad. Los cables no ofrecen posibilidad de confusión, gracias a sus números y colores diferentes.





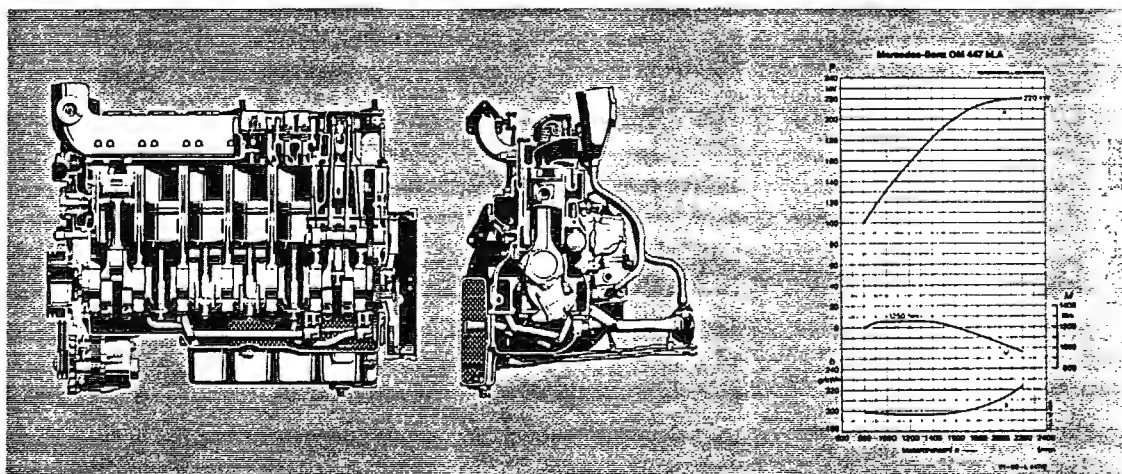
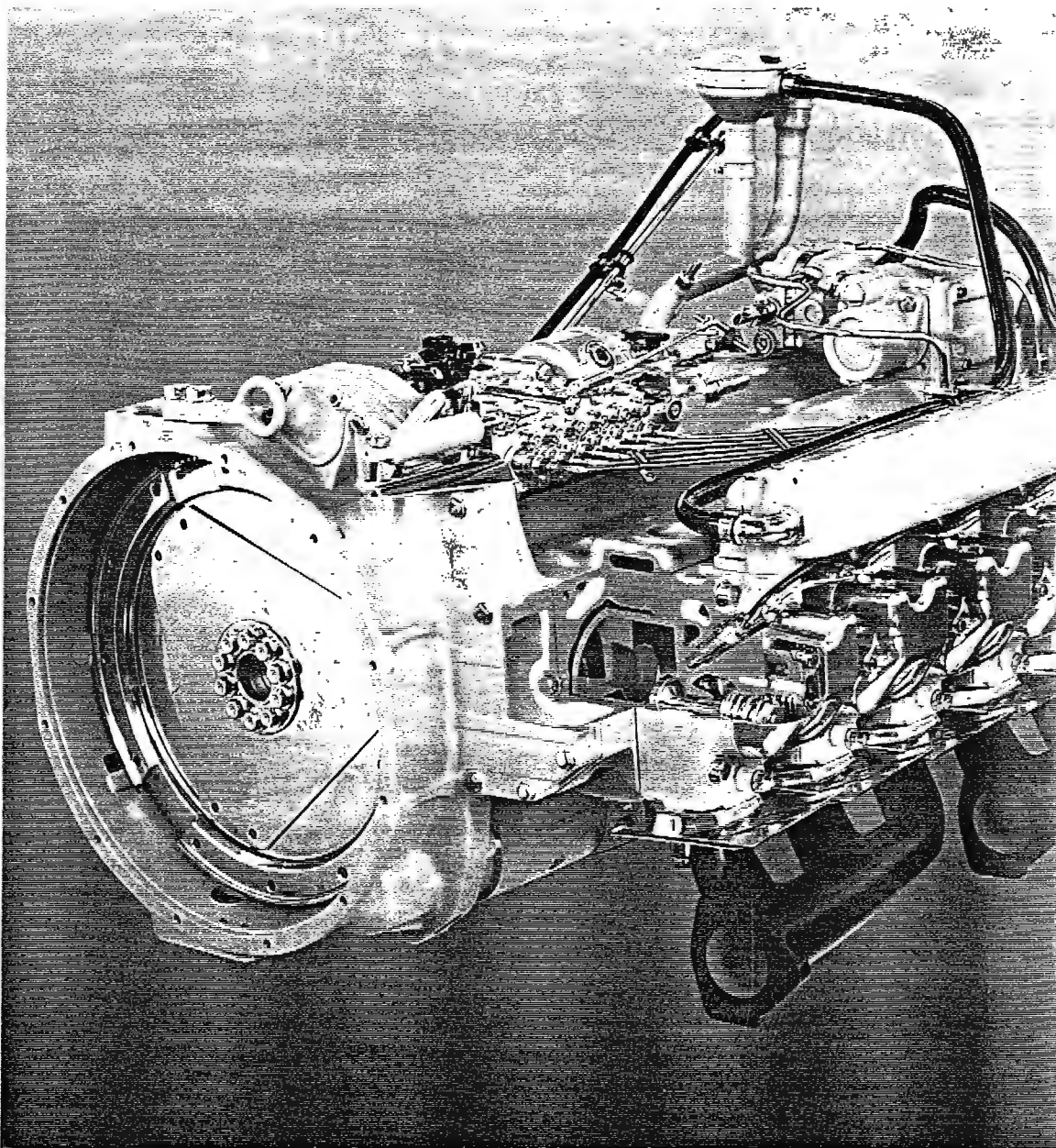
Ecológicos, potentes y rentables: Los motores Diesel Mercedes-Benz.

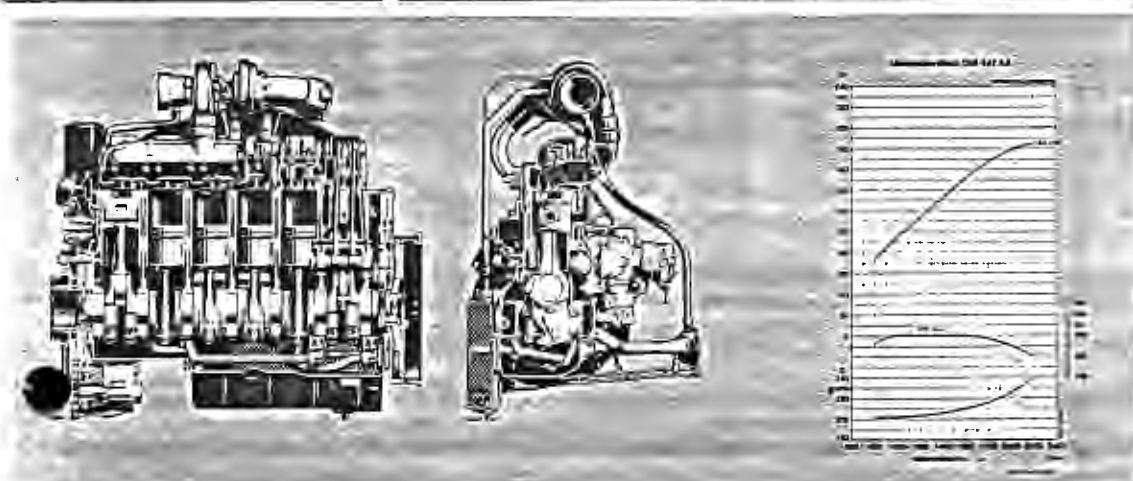
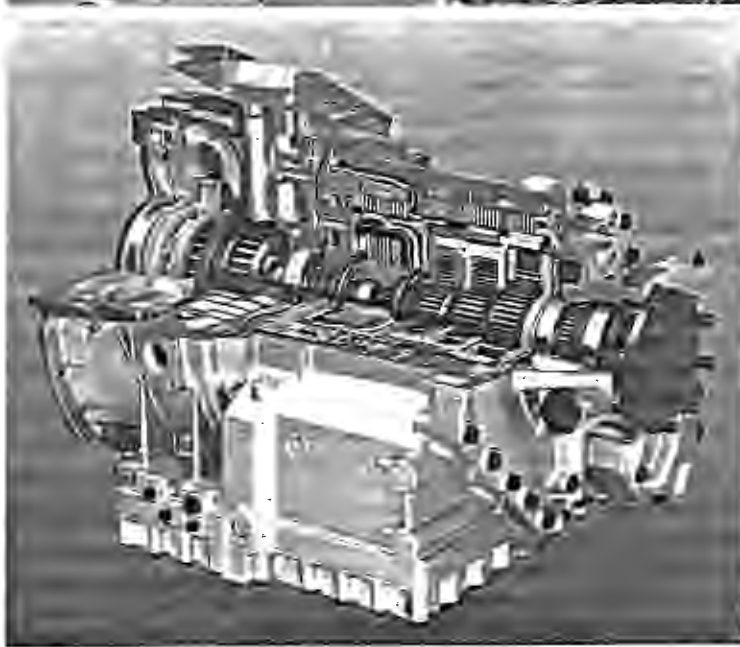
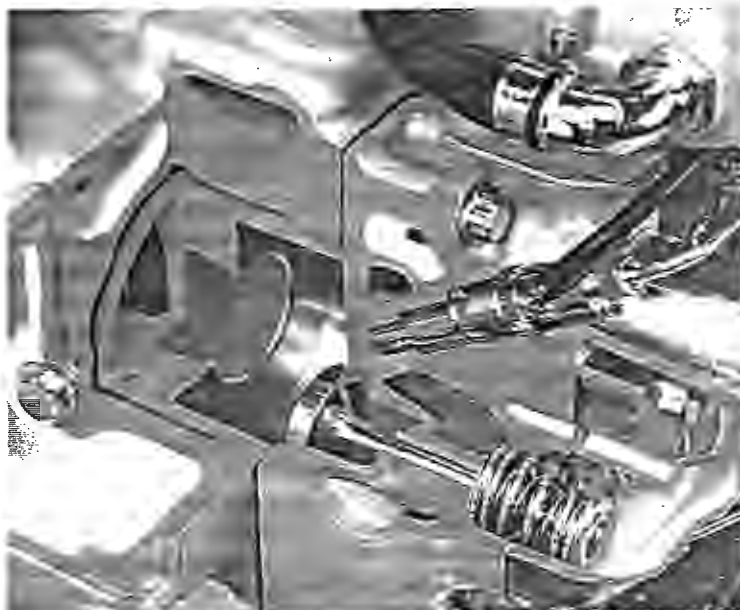
Los motores Diesel Mercedes-Benz de la nueva generación establecen normas para el futuro, gracias a una compatibilidad medioambiental y una potencia todavía mayores, a su rentabilidad y larga vida útil. El corazón de la cadena cinemática, de adaptación óptima, lo constituye el motor OM 447 hA de 6 cilindros en línea, 250 CV (184 KW) a 2200 rpm y un par motor máximo de 900 Nm a 1000 - 1600 rpm.

Opcionalmente se monta la versión OM 447 hLA, con 299 CV (220 KW) asimismo a 2200 rpm y un par motor máximo de 1250 Nm a 1000 - 1300 rpm. Las características más destacadas de estos motores son una elevada fuerza al arrancar y muy buena tracción en pendientes.

Los motores Diesel Mercedes-Benz trabajan con inyección directa y consumo muy bajo de combustible. Otras ventajas: combustión con poca formación de partículas y humos, excelente aprovechamiento del combustible, buenas propiedades de arranque, disponibilidad máxima para el servicio y larga vida útil. La excelente compatibilidad medioambiental ha sido aumentada nuevamente de modo considerable. Los motores quedan por debajo de los severos valores límite EURO I de 8,0 g/KWh de NO_x , 0,36 g/KWh de PM (partículas), 4,5 g/KWh de CO y 1,10 g/KWh de HC. Este resultado se ha podido lograr, tras intensos estudios, mediante una modificación del sistema de inyección y de la cámara de combustión.

También se ha mejorado más todavía la tranquilidad de marcha de los motores.





Cambio rentable de mando electrónico. Dirección exacta, suave y directa.

La potencia óptima y la rentabilidad de una cadena cinemática sólo pueden ser el resultado de la perfecta coordinación de todos los grupos entre sí. Se dispone de varios modelos de cambio automático de las firmas ZF y Voith para el Mercedes-Benz O 405 G.

El automatismo del cambio posibilita la selección de programas de marcha óptimamente adaptados al motor y al vehículo mediante puntos de cambio de marchas dependientes de la carga. El cambio de marcha se efectúa teniendo en cuenta la aceleración del vehículo, la desmultiplicación de ejes, el peso del vehículo en cada momento y la topografía del trayecto.

El retardador – integrado en el cambio automático como freno exento de desgaste – eleva la seguridad de marcha, reduce el desgaste de frenos y permite elevadas velocidades medias. El O 405 G está equipado con una servodirección Mercedes-Benz. Cada movimiento del volante se transmite de modo exacto y directo, con poco esfuerzo físico y pocas vueltas del volante. Más de un tipo de turismo se conduce con mayor dificultad. El diámetro del círculo de giro de este autobús, en marcha circular estable, es de sólo 24 m. La unidad trasera, gracias al bien estudiado diseño, vira sólo un poco hacia el centro, cuando el vehículo toma una curva. De este modo, el O 405 G se puede utilizar también para vías de tráfico estrechas, o sea, en todas partes en donde circulan autobuses corrientes.

Frenos, ejes y neumáticos: Seguridad, fuerza y economía.

Para la seguridad de marcha de un autobús urbano es de capital importancia un sistema de frenos estudiado y acreditado en la serie. En el O 405 G, los siguientes sistemas de serie son de efecto independiente entre sí: la instalación de freno de servicio de dos circuitos, el retardador, el freno de estacionamiento y el de paradas. El sistema de aire comprimido se asegura mediante una válvula de protección de cuatro circuitos. Una válvula de freno compacta garantiza una dosificación exacta y una correcta distribución de la fuerza de frenado (sobre todo mediante la regulación automática de ésta en función de la carga, en el eje central). Gracias al desgaste uniforme de los frenos, por reajuste automático de las zapatas, la vida útil media de los forros en forma de hoz llega a más de 100 000 km. El freno motor está conectado en serie con el de servicio y se puede desacoplar.

La vida útil de los forros de freno y la seguridad de marcha aumentan sensiblemente gracias al retardador integrado de serie en el cambio automático.

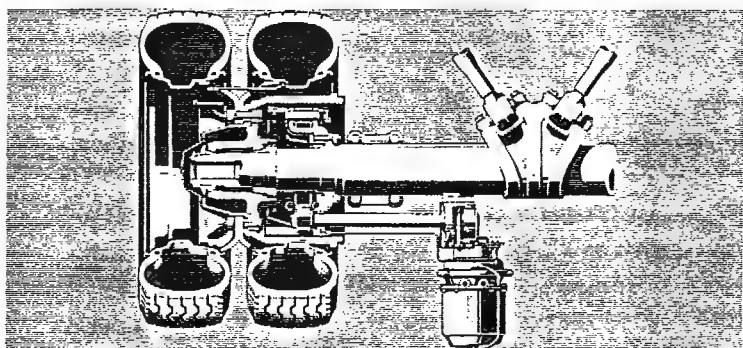
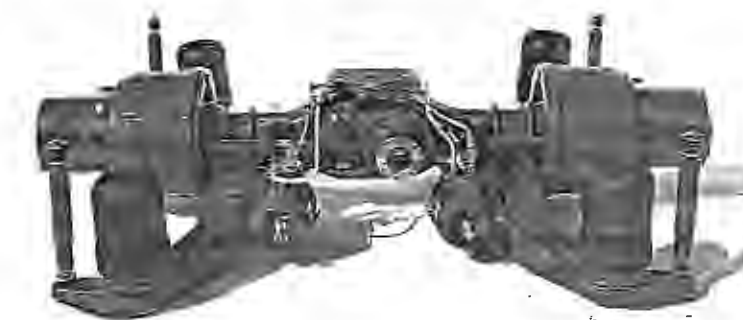
Reducido desgaste de los frenos y las elevadas velocidades medias hacen posibles servicios especialmente económicos.

El freno de estacionamiento es un sistema con acumuladores de fuerza elástica provistos de un dispositivo para su soltado en caso de emergencia.

De serie, se dispone de un freno de paradas acoplado con las puertas. Su mando se halla a la derecha en el tablero de instrumentos.

El sistema antibloqueo (ABS), montado de serie, regula las fuerzas de frenado cuando una o varias ruedas amenazan bloquearse, determinando la dosificación de la presión de

modo más favorable e impidiendo así el bloqueo. Durante la operación de frenado, el ABS

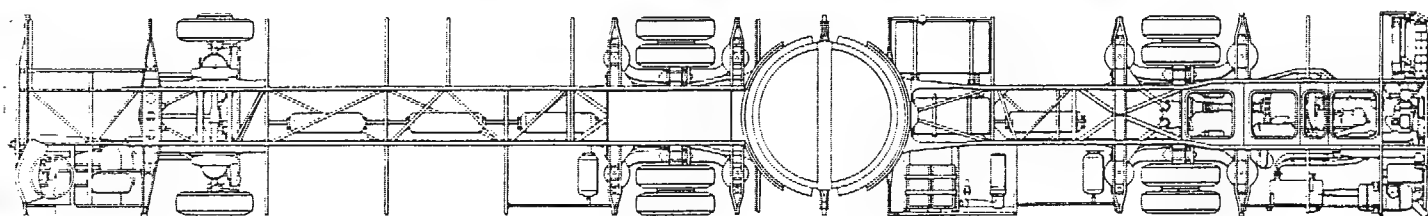
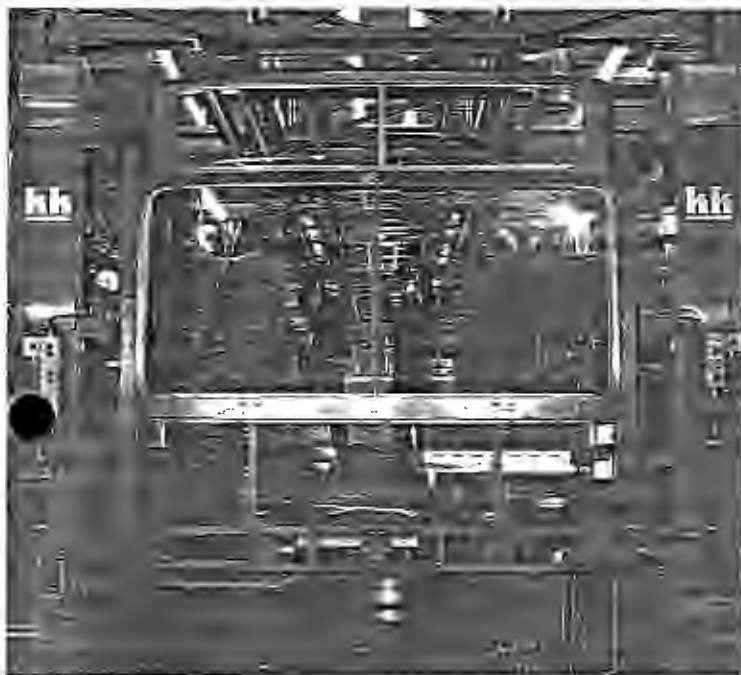


mantiene, además, la estabilidad de marcha y la dirigibilidad. El resultado es una seguridad y economía mayores, porque los neumáticos, por ejemplo, no se desgastan en frenadas en seco. En combinación con el ABS se puede obtener también la regulación del resbalamiento al acelerar (ASR), que impide que las ruedas se embalen sobre calzada húmeda, helada o resbaladiza, al arrancar o en curvas. La estabilidad de marcha y la seguridad aumentan considerablemente. Sírvese informarse sobre el ABS y la ASR en nuestro detallado folleto especial. El aire comprimido es conducido ahora por tubos de plástico, lo que garantiza una vida útil más larga, gracias a su gran resistencia a las vibraciones y la

corrosión. Gracias a la flexibilidad del material plástico, los grupos de freno se pueden montar sin tensión, así como montar y desmontar con mayor facilidad. Los ejes y elementos de suspensión garantizan el confort de marcha proverbial de Mercedes-Benz. El sólido eje delantero es guiado con precisión por brazos longitudinales y uno transversal. Su suspensión no es tan propensa a las averías como la de otros diseños. Los ejes central y trasero son conducidos por dos brazos longitudinales y dos diagonales en disposición triangular. Los fuelles y amortiguadores – situados muy cerca de los extremos de los ejes – minimizan la inclinación lateral del vehículo y garantizan un buen

comportamiento de marcha. La suspensión neumática no requiere mucho mantenimiento y es de fácil reparación, según ha demostrado la experiencia. Garantiza al mismo tiempo un confort de suspensión permanente bajo cualquier carga y mantiene constante la altura del piso del vehículo al variar la carga en el servicio. Los neumáticos de la serie 70 implican ventajas importantes en el diseño, como piso y peldaños de acceso en las puertas más bajos, pasarruedas más pequeños y mayor altura interior.

Construcción ligera y protección contra la corrosión: Garantía de elevada utilidad y conservación del valor.



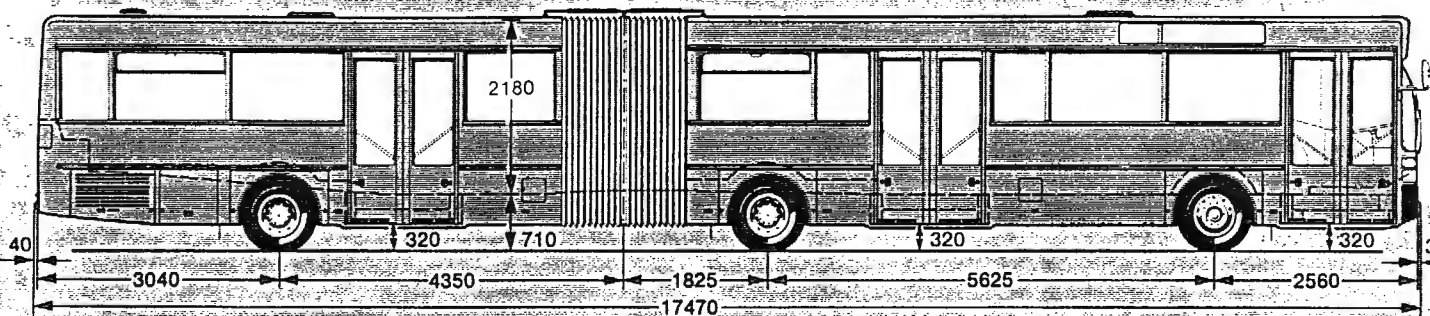
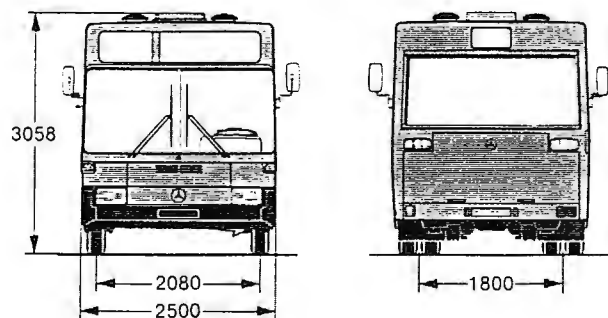
Por los esfuerzos continuos a que está sometido un autobús urbano, la madurez técnica del diseño es algo de importancia capital. Esta madurez se logra gracias a una experiencia de más de 90 años en la fabricación de autobuses, a un moderno proceso electrónico de construcción, así como a la aplicación de los sistemas más recientes de producción y de una tecnología de comprobación muy desarrollada. La consigna es: mayor solidez con menos material. La ventaja de ello: menor consumo de energía y mayor cabida para pasajeros. El empleo de un sinnúmero de elementos de gran calidad y medidas complementarias hacen posible un sistema muy madurado de seguridad pasiva, tanto para los pasajeros como

para el conductor. La plataforma portante y la armazón de la superestructura en ejecución autoportante totalmente de acero, están soldadas formando una unidad. Esto garantiza la resistencia de la carrocería a las torsiones. Pero un autobús urbano, que ha de trabajar de modo rentable, no sólo ha de poseer gran capacidad de carga, sino también conservar su valor durante largo tiempo. El O 405 G posee por ello el mejor sistema anticorrosión que existe para autobuses: un conjunto especial de medidas adaptado a las condiciones especiales de servicio de los autobuses urbanos y que incluye siempre los materiales y procedimientos más recientes. Los puntos positivos más importantes:

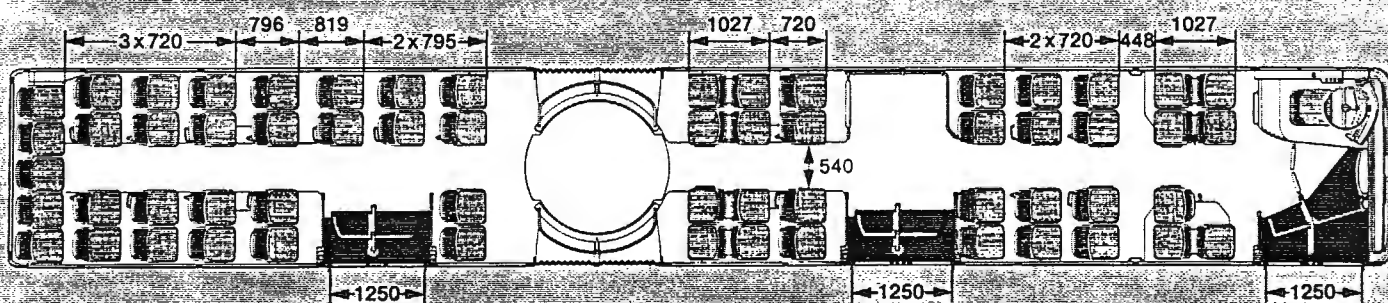
- Sellado de los perfiles huecos del bastidor con espuma de PUR.
- Empleo de chapas galvanizadas al cinc para revestimientos y peldaños, así como para tapas de acceso y de mantenimiento.
- Plaste de capa gruesa con pigmentos antioxidantes.
- Aplicación de capas de esmalte estructural, de gran resistencia a la abrasión, en peldaños, pasarruedas y en el interior.
- Protección de bajos mediante PVC resistente a la abrasión y a los impactos de grava, hidrófugo y estable a los ácidos.
- Esmalte sintético de acabado, secado al horno, insensible a la intemperie, duro y resistente a las influencias del túnel de lavado; con pigmentos sin sustancias nocivas.

- Materiales variados y de gran calidad para todos los detalles de diseño: por ejemplo, cera, acero inoxidable y tumbaga. Este abanico de ventajas lo completan otras muchas medidas, como la ventilación de huecos, la estanqueización con PVC de las juntas en las zonas exteriores de los bajos, el empleo de piezas de plástico reforzado por fibras de vidrio, etc. La integración armónica de todas estas medidas es la explicación de la gran eficacia del sistema anticorrosivo Mercedes-Benz de larga duración y uno de los motivos de la larga vida útil de los autobuses Mercedes-Benz.

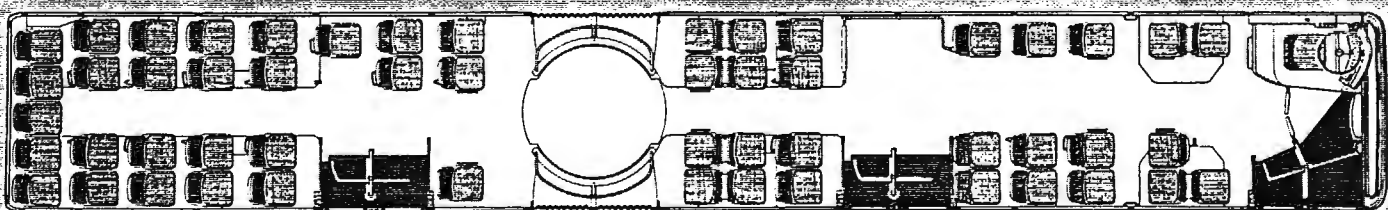
Medidas.



Diámetro del círculo de viraje en marcha circular estabilizada: 24 m

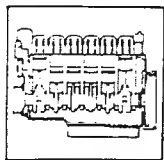


Cabida de pasajeros según la ECE (68 kg, 0,125 m² por persona): 60 asientos
94 plazas de pie
154 personas en total



Cabida de pasajeros según la ECE (68 kg, 0,125 m² por persona): 53 asientos
112 plazas de pie
165 personas en total

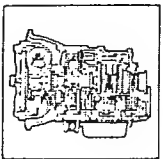
Descripción técnica.



Motor

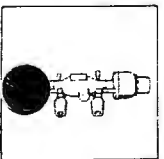
OM 447 hA de 6 cilindros en línea, refrigerado por agua, 250 CV (184 kW) a 2200 rpm, par motor máximo de 900 Nm a 1000-1600 rpm. Disposición horizontal en la zaga, debajo del piso, sobre soportes de goma. A deseo, motor OM 447 hLA de 299 CV (220 kW) a 2200 rpm, par motor máximo de 1250 Nm a 1000-1300 rpm. Aspiración de aire, a través de un filtro combinado Piclon.

El compartimento del motor está separado de los pasajeros mediante pared divisoria portante, con buen aislamiento contra ruidos y calor. Rellenado automático de aceite. Radiador: ventilador aspirante hidrodinámico en la parte derecha de la zaga, con conexión y desconexión automáticas; de construcción autoportante y alojado sobre soportes de goma.



Cambio

Cambio automático ZF o Voith, con ralentizador integrado y varios programas de marcha.



Ejes y suspensión

Eje delantero: MB, modelo VO 4/18 DL-7; eje rígido con extremos en forma de puño, 2 fuelles y 4 amortiguadores; conducido por tres brazos longitudinales y uno transversal. Los fuelles y los casquillos de goma de los brazos en los ejes delantero y trasero son intercambiables.

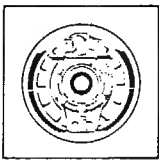
Eje central: MB, modelo Nr 7/4 DL-10; conducción como en el eje delantero, eje tubular con cuatro fuelles y cuatro amortiguadores.

Eje trasero: MB, modelo HO 7/9 DL-10, de desmultiplicación $i = 3,947 \times (37:27) = 5,409$. Eje reductor, con cuatro fuelles y cuatro amortiguadores que, por su situación muy cerca de los extremos, garantizan una buena estabilidad. Dos brazos longitudinales y dos diagonales dispuestos en triángulo guían el eje. Válvulas reguladoras del nivel en ejecución amortiguada. El nivel de altura del vehículo lo regulan una válvula en el eje delantero, así como dos en el eje central y otras dos en el eje trasero.



Llantas y neumáticos

Llantas de disco de 10 orificios, con centrado por las tuercas de rueda. De serie, dispositivo auxiliar de inflado en las ruedas gemelas. Neumáticos 11/70 R 3 22,5 sin cámara.



Frenos

Freno de servicio: neumático de dos circuitos, con reajuste automático de las zapatas. Regulación automática del frenado, en función de la carga, en el eje central. Tuberías de aire comprimido de material inoxidable. ABS de serie. A deseo, instalación ASR.

Freno de estacionamiento: por acumuladores de fuerza elástica, sin varillaje; válvula de mando en la parte izquierda del tablero de instrumentos; dispositivo desbloqueador de emergencia para los acumuladores, de accionamiento electroneumático; interruptor junto al puesto del conductor.

Freno de paradas: automático, con bloqueador de arranque y accionado por interruptor, a la derecha, en el cuadro de instrumentos.

Freno continuo: retardador en el cambio, combinado con el freno de servicio (desconectable).



Dirección

Servodirección MB, modelo LS 7F: bomba hidráulica de accionamiento mecánico; diámetro del volante: 550 mm. A deseo, columna de la dirección ajustable en altura e inclinación.

Depósito de combustible

Capacidad: 334 litros; de cierre rápido, situado a la derecha, detrás de la articulación del vehículo.

Depósito de aceite combustible para la calefacción

Capacidad: 42 litros. Situado en la unidad delantera del vehículo, a la derecha, delante de la puerta central.



Engrase

Todos los cojinetes, a excepción de los pivotes de mangueta, el árbol de transmisión,

los apoyos de la corona de la articulación y los árboles de leva del freno en los ejes central y trasero, requieren poco o ningún mantenimiento. Como extra opcional, lubricación centralizada.

Empalme para rellenado

Bajo la tapa de la derecha, en la parte delantera, para el rellenado de la instalación de aire comprimido. Empalme para inflado de neumáticos, situado en el regulador de presión, en la parte izquierda del compartimento del motor.

Empalmes de comprobación

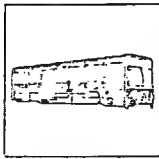
Se dispone de un número suficiente de ellos. Para la unidad delantera del vehículo, se hallan detrás de la tapa del compartimento eléctrico y en la infraestructura; para la unidad trasera, se hallan en el compartimento para la calefacción independiente y en la infraestructura.

Compresor de aire

Compresor de 2 cilindros, con lubricación automática por aceite y refrigeración por agua. Instalación de aire comprimido, con válvula de purga automática de agua en el colector de humedad.

Escape

Tenido debajo del piso, en el lado izquierdo y hacia atrás.



Plataforma portante y superestructura

La armazón del autobús es de ejecución autoportante, totalmente de acero. Tanto ésta como la plataforma portante están soldadas entre sí, formando una unidad.

Plataforma portante:

La infraestructura consiste en un bastidor de rejilla de ejecución autoportante, con largueros y travesaños, y ofrece una elevada resistencia y seguridad para todos los esfuerzos del servicio. Los largueros y travesaños, de tubos cuadrados, se hallan reforzados por diagonales y almas verticales, están protegidos contra la corrosión y rellenados de material espumoso. Todos los grupos son fácilmente accesibles a través de las tapas en el piso y en las paredes laterales.

Superestructura:

Armazón de las paredes laterales, la parte frontal, la zaga y el techo, de tubos de acero cuadrados, sumamente resistentes.

Revestimiento:

Grosor de chapas, de 1 a 1,25 mm. Revestimiento lateral, totalmente de chapas de acero galvanizadas al cinc o recubiertas de material plástico. La parte frontal del vehículo, la trasera la parte central del techo están revestidas de chapa cincada. Las chapas de los bordes del techo están imprimadas con polvo de cinc.

Cristales:

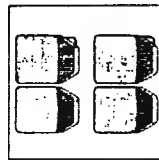
Parabrisas abovedado de dos piezas, de cristal compuesto. A izquierda y derecha, ventanas fijas. Cristales de ventanas laterales y trasera, de vidrio de seguridad monocapa y pegados con la carrocería.

Puertas de entrada y salida:

En la unidad delantera del vehículo, dos puertas de dos batientes oscilantes hacia el interior, y en la unidad trasera, una, intercambiable entre sí. Medida interior de puertas: unos 1250 mm. Ventanas en las puertas, muy prolongadas hacia abajo. Todas las hojas de puerta tienen asideros. Bloqueo desde el exterior, mediante llave hueca cuadrada. Sistema de seguridad en las puertas, según disposiciones para la prevención de accidentes. El accionamiento de las mismas es electroneumático. Los accesos son de 3 escalones, con superficies recubiertas de chapa antirrespatada de aluminio; los peldaños son de cantos redondeados.

Dispositivo para remolque

De serie, argolla para remolque en la parte frontal del vehículo, detrás de la tapa delantera. A deseo, boca de acoplamiento MB en la zaga.



Equipo interior

Revestimiento interior:

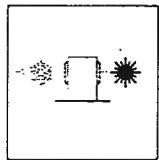
Paredes laterales y techo revestidos de láminas de fibra prensada y de material plástico. De serie, techo interior con perforaciones y aislamiento.

Asientos:

Individuales tipo envolvente, de material plástico, sobre armazón de doble tubo. Del lado del pasillo, alternadamente, asideros en las esquinas de los respaldos y barras de sujeción verticales. Ejecución básica con acolchado deigado y de protección en el borde de los respaldos. Como extra opcional, acolchado grueso, o sin acolchado.

Asiento del conductor:

Ajustable en altura y longitudinalmente, con suspensión y amortiguación hidráulica (de ajuste progresivo). Cojín de asiento y tapizado de felpa de cordoncillo de Dralon. A deseo, asiento giratorio de suspensión neumática.



Calefacción y ventilación

El compartimento de pasajeros se calefacciona mediante un calefactor en la parte delantera del vehículo (3 escalones) y seis calefactores en el piso (2 escalones) con regulación termostática. Todos ellos están equipados con intercambiadores de calor de fácil mantenimiento (se pueden limpiar sin necesidad de interrumpir el circuito de agua).

Descripción técnica.

Ventilación

Desconectándolo del circuito de agua caliente, el calefactor en la parte delantera se puede utilizar para ventilación. Tres tapas levadizas en el techo (sin cristales), para entrada y salida de aire. Dos ventiladores eléctricos en el techo. Una abertura en el techo para salida del aire viciado. Una ventana corrediza en el lado del conductor y dos ventanillas inclinables en cada unidad del vehículo. Elementos de mando para la calefacción y ventilación: interruptores basculantes para los calefactores y la calefacción independiente, situados en el lado derecho del tablero de instrumentos. El calefactor delantero tiene chapaletas para la conducción del aire eléctricamente dirigidas. Otros elementos de mando y regulación se hallan sobre el compartimento eléctrico.



Tablero de instrumentos

Los instrumentos están dispuestos de forma clara y ordenada en el campo visual del conductor, en un tablero semicircular. En el centro, el tacógrafo y, encima de él, las lámparas de control indicadora de avería, para aceite del motor, batería, luz de carretera, luces intermitentes, instalación para señal de parada, señal de arranque, freno de estacionamiento, calefacción adicional y de la ventana del conductor. A la izquierda del tacógrafo: indicadores de la presión de frenos, de la temperatura del líquido refrigerante, así como de la del aceite del retardador, de la presión de aceite del motor, tecla de conexión para lámpara indicadora de avería e indicador de combustible. Interruptores en la columna de dirección para limpiaparabrisas y lavaparabrisas de conexión a intervalos, escalones 1 y 2; para luces intermitentes (desconexión automática) y bocina.

Parte derecha del tablero de instrumentos

Interruptores basculantes y de tecla iluminados, para: freno continuo (directamente) y freno continuo (conexión/desconexión), bloqueo de batiente II de puerta, faros antiniebla (a deseo), alumbrado de la mesita de cobrador, alumbrado interior (uno y dos), calefacción adicional, ventiladores calefactores I y II en la parte delantera, ventilador calefactor III, delante; ventilador calefactor en la parte trasera, calefacción de la ventana del conductor, luz piloto antiniebla (a deseo), caja de contactos (conmutador de luces y arranque, desconexión de la batería), parada del motor (a deseo), interruptor de arranque (no iluminado), interruptor de luz intermitente de advertencia, interruptor del freno de paradas (no iluminado), pulsadores para puertas delantera, central y trasera; interruptores para cambio automático.

Mesita de cobrador

Fijada en la parte delantera de la cabina del conductor, orientable y ajustable en altura.

Asideros y pasamanos

En cada entrada, una barra de sujeción en forma de horquilla; detrás de los huecos de puerta, una pared de protección con cristal en la parte superior. En las puertas central y trasera, delante, una barra vertical de sujeción con cristal en la parte superior. Asideros en todos los batientes de puerta. En la plataforma para pasajeros de pie, barras horizontal de protección de la ventana y transversal acolchada, unida a la barra vertical junto al asiento doble. Pasamanos en el techo, interrumpidos en la zona de las puertas, a la derecha, 18 barras verticales de sujeción, del techo al respaldo de aproximadamente uno de cada dos asientos.

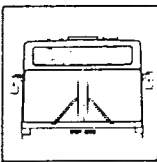
Cabina del conductor: parte superior de plexiglás ahumado y puerta de media altura. Barra de separación oscilante acolchada hacia el compartimento de pasajeros.

Parasoles

De serie, persiana enrollable en el parabrisas, lado del conductor. A deseo, otra en la ventana lateral del conductor.

Espejos retrovisores

En el interior, espejos empotrados en la tapa de la parte delantera: en el lado del conductor, un espejo rectangular de cristal convexo (de 200 x 400 mm, aprox.); a la derecha, un espejo redondo convexo (200 mm de diámetro, aprox.). A deseo, espejo cerca de la puerta central. En el exterior, dos espejos convexos rectangulares, orientables, de quita y pon; a deseo, calefactores.



Indicador automático de destino y del número de línea

Parte frontal y lado derecho: indicación del destino, en una línea, y del número de línea, de tres piezas. Lado izquierdo y zaga: indicación del número de línea, de tres piezas. Como extra opcional, indicación del destino, en la parte frontal, en dos líneas, así como en el interior, en la parte superior de la plataforma para pasajeros de pie. Todos los tipos de indicadores mencionados se pueden suministrar también para accionamiento manual o en ejecución alfanumérica. Iluminación, mediante lámparas transistorizadas.

Instalación de señal de parada: letrero transparente iluminado, con dos lámparas de 15 W cada una, señal visual para el conductor en el tablero y 16 botones en las barras verticales del compartimento de pasajeros, así como un pulsador situado junto a la cabina del conductor. Roseta de pulsador con rótulo "Stop". Instalación de avisos por radiotransmisión: 6 altavoces situados en el revestimiento del borde del techo. Como extra opcional, instalación radiológica o interlógica.

Alumbrado del compartimento de pasajeros

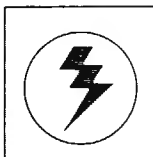
Seis luces transistorizadas con cristal de dispersión amplia, dispuestas a lo largo del techo en el centro, cada una con una lámpara fluorescente blanca Univeral de 30 W.

Alumbrado de la mesita de cobrador y de los accesos

Para la mesita de cobrador, una luz de techo con dos bombillas de 15 W cada una. Alumbrado de los accesos, encima de las puertas. Para cada puerta, una luz empotrada con bombilla de 15 W.

Rótulos indicadores

Rótulos indicadores e ideogramas autoadhesivos, según las normas de la Asociación alemana de empresas de transportes públicos.



Instalación eléctrica

Tensión nominal de 24 voltios. Aparatos y dispositivos eléctricos reunidos en el compartimento eléctrico a la izquierda del conductor, así como en el compartimento estanqueizado detrás del eje trasero, sobre un cuadro de distribución auxiliar. Los aparatos son accesibles desde fuera, a través de tapas laterales de gran tamaño; de disposición clara, en tableros deslizables; conexiones sin soldaduras, en gran parte con uniones por enchufe. Distinción de los cables por colores y números (estampados). Alternador de 120 A. Dos baterías de 12 voltios y 200 Ah, con sujeción en el bastidor, dispuestas en un carro, a la izquierda, detrás del eje delantero; su compartimento está provisto de orificios de evacuación para electrolito. Arrancador: 6,5 kW de potencia nominal.

Unidad de luces delanteras

Luces de carretera y cruce, con bombillas A 24 V 55/50 W; luz de estacionamiento, con bombillas HL 24 V 4 W; faros antiniebla YC G 24 V 70 W (de halógeno). Luces intermitentes delanteras con bombillas de 24 V y 21 W.

Unidad de luces traseras

A derecha e izquierda, sendas luces rectangulares empotradas de 3 cámaras, con luz intermitente y de freno, con bombillas de 24 V y 21 W; G 24 V 10 W y RL 24 V 12 W, DIN 72 601. A deseo, luz trasera antiniebla.

Luz de marcha atrás

A la derecha, un faro de marcha atrás; con cristal blanco y bombilla P-25-1, 24 V 12 W, DIN 72 601.

Alumbrado del número de matrícula

Dos lámparas con sendas bombillas G 24 V 10 W, DIN 72 601.

Luces intermitentes y de advertencia

Impulsor electrónico de intermitencia; interruptor de grupos dispuesto en la columna de dirección.

Limpiaparabrisas

Eléctrico de brazos en paralelogramo, con motor central a prueba de cortocircuitos y posición de reposo automática junto al montante central; dos velocidades y accionamiento a intervalos, de serie.

Bocina

supersonante, de 375 Hz, con pulsador de tecla, en la columna de dirección.

Cajas de enchufe

de dos polos, para alumbrado de trabajo: una en el compartimento eléctrico delantero (lado izquierdo) y otra sobre el cuadro de distribución auxiliar (parte trasera del vehículo).

Alumbrado del compartimento del motor
Una lámpara de dos bombillas G 24 V 10 W, a deseo.

Accesorios

1 extintor, de 6 kg, situado verticalmente en la parte delantera del vehículo;
2 botiquines DIN 13 164;
2 caízos, situados debajo del asiento doble delante de la puerta central;
1 triángulo de advertencia;
1 lámpara de advertencia de luz intermitente de seguridad;
1 lámpara portátil, con batería - a deseo, con cargador;
5 martillos de emergencia;
herramientas;
gato hidráulico (a deseo).

Pintura

De serie, pintura unicolor o de dos colores diferentes, para partes superior e inferior de la carrocería. Mediante recargo de precio, pintura de contrastes, de tres colores.

Las prestaciones de asistencia están ● la altura de la técnica.



El personal cualificado del servicio post-venta cuida de que el mantenimiento sea técnicamente perfecto y las reparaciones se efectúen con rapidez.

La capacitación de conductores y personal constituye una ayuda eficaz en el trabajo cotidiano de las empresas de transportes públicos.



El OGC es el mayor centro de autobuses usados en Europa.

El vehículo en sí, por bueno que sea, constituye sólo un elemento en una solución general económicamente óptima. Mercedes-Benz apoya a los empresarios de transportes públicos con una serie de prestaciones de asistencia que se pueden aprovechar como aportación esencial a un mejor resultado empresarial. Antes de comprar el vehículo, durante su compra y después de efectuarla, así como siempre que se

necesite consejo y apoyo. Nuestros delegados del sector de autobuses no sólo asesoran en la elección del vehículo idóneo. La red de servicio postventa Mercedes-Benz en todo el mundo abarca más de 5000 estaciones excelentemente equipadas; de ellas, más de 1200 se hallan en la República Federal de Alemania. En todas las ciudades de importancia se hallan nuestros talleres especializados en autobuses. La com-

petencia técnica y la experiencia del personal de Mercedes-Benz, un sistema de trabajo bien organizado, grandes almacenes de repuestos y el servicio de reparaciones móvil "Service 24h", de carácter permanente, se encargan de un trámite de órdenes rápido y favorable. Si alguna vez se necesita realmente algo con urgencia, el servicio "expres" de repuestos lo ofrecerá cuanto antes. Mediante el material informa-

tivo para talleres, así como la capacitación de conductores y del personal, Mercedes-Benz presta asistencia al trabajo cotidiano. El nuevo sistema de asesoramiento Mercedes-Benz para la industria de los transportes públicos ayuda, con base científica, a solucionar todas las cuestiones del tráfico de cercanías.

El sistema de prospectos Mercedes-Benz para autobuses consta de varios elementos.

Si para su decisión de compra necesita. Ud. más material informativo, dirijase al delegado de autobuses Mercedes-Benz de su zona.

No nos responsabilizamos del contenido. Nos reservamos el derecho de introducir modificaciones.

Las indicaciones del presente prospecto deben considerarse como aproximadas. Las ilustraciones pueden reproducir también equipos especiales que no forman parte del volumen de entrega de serie.

Tiene ahora en sus manos el prospecto señalado:

	CATALOGO DE MODELOS O 405.
	CATALOGO DE MODELOS O 405 N.
	CATALOGO DE MODELOS O 405 G.
	CATALOGO DE MODELOS O 402.
	CATALOGO DE MODELOS O 407.
	CATALOGO DE MODELOS O 408.
	ASESORAMIENTO PARA LOS TRANSPORTES PUBLICOS DE PASAJEROS A CERCANIAS.
	COSTOS DE EXPLOTACION DE AUTOBUSES URBANOS.
	MANTENIMIENTO DE AUTOBUSES URBANOS STANDARD.



Mercedes-Benz
Autobuses/Autocares

ANEXO N° 3

**Autobuses de línea de
plataforma baja con motor de
gas natural**



Mercedes-Benz
Autobuses/Autocares

Autobuses de línea de plataforma baja con motor de gas natural O 405 N / O 405 GN



Los autobuses con motor de gas natural Mercedes-Benz son una inversión segura para un futuro más ecológico.

Desde hace un siglo, los autobuses constituyen un medio de transporte importante. Siempre han sido precursores en el campo de la protección del medio ambiente, y ello no sólo por transportar hasta 170 personas de una vez, reduciendo así un volumen de circulación de vehículos particulares que amenaza con desbordar la capacidad de nuestras ciudades.

Con el desarrollo de una nueva generación de autobuses de plataforma baja accionados mediante motores de gas natural, Mercedes-Benz vuelve a marcar un hito para el futuro del transporte público de cercanías.

El gas natural es uno de los recursos energéticos más importantes de los que disponemos. Es una fuente de energía con reducidos efectos negativos para el

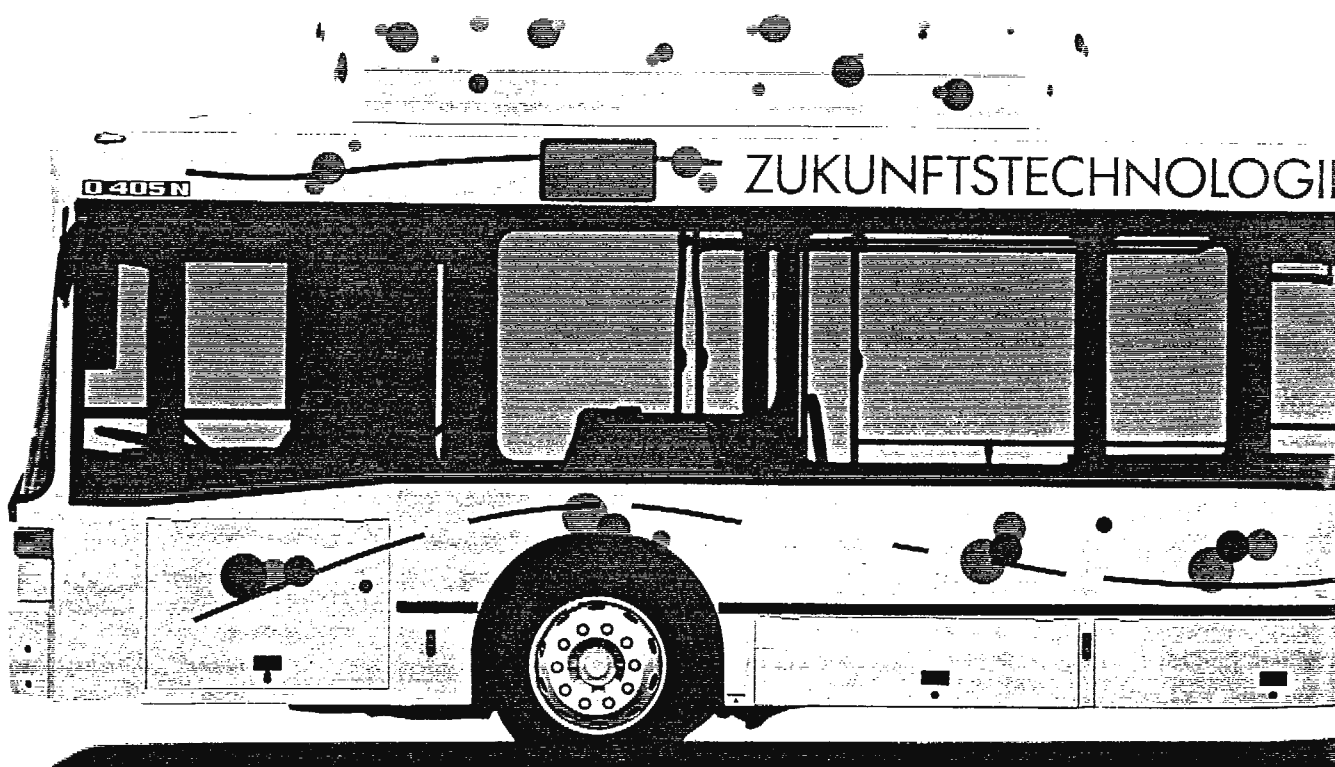
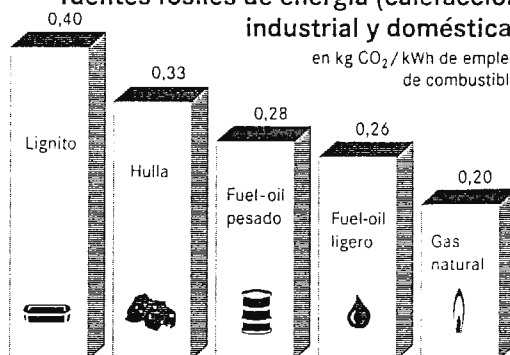
ambiente y el clima, ya que es transportado directamente por medio de gasoductos desde los yacimientos hasta los consumidores finales, que lo utilizan como energía primaria, es decir, sin transformación ulterior. Así se evitan todas las perturbaciones ecológicas vinculadas a la transformación en energía secundaria.

La combustión del gas natural produce una emisión muy reducida de sustancias contaminantes. No quedan casi residuos sólidos sin quemar, como p.ej. hollín y partículas. Además, el gas natural apenas contiene componentes que produzcan compuestos contaminantes. Por ejemplo, el contenido de dióxido de azufre en los gases resi-

duales es casi nulo, y las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx) son asimismo muy escasas. En vista de estas propiedades, se puede afirmar que se trata de un combustible ideal desde el punto de vista de la protección ambiental, factor que está cobrando una importancia cada vez mayor.

El gas natural está también a la altura de otras fuentes de energía desde el punto de vista de la rentabilidad. Mercedes-Benz cuenta con largos años de experiencia en la construcción y el empleo de motores de gas. Estos conocimientos se plasman plenamente en el desarrollo de sus modernos autobuses de plataforma baja con motor de gas natural.

Formación de CO₂ en la combustión de fuentes fósiles de energía (calefacción industrial y doméstica)



La técnica más moderna en autobuses de plataforma baja para el transporte público de cercanías.

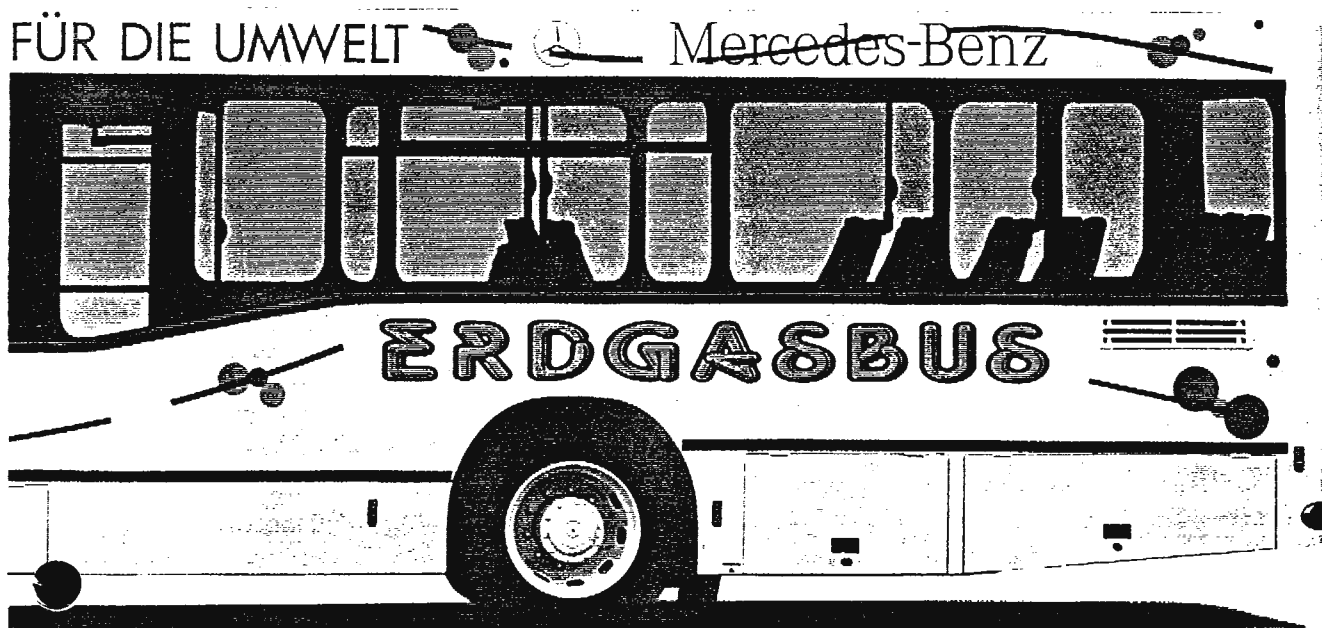
El autobús individual O 405 N y el autobús articulado O 405 GN incorporan sendos motores de gas natural, y han sido contruidos sobre la base de los autobuses urbanos más modernos desarrollados por Mercedes-Benz. Los accesos son de altura reducida, sin escalones, y el piso del vehículo es absolutamente plano, sin estrados para los asientos. Este principio de diseño ofrece ventajas evidentes, que redundan en beneficio de todos, ante todo de los niños pequeños, de pasajeros con coches de niños, de personas de edad avanzada o de disminuidos físicos. Permite transportar personas con silla de ruedas sin detenciones prolongadas en las paradas. Es decir, los autobuses no sólo cumplen de manera ejemplar las principales

exigencias que plantea el transporte público de cercanías, sino que también garantizan un movimiento fluido de pasajeros y, por consiguiente, agilizan el proceso de tráfico. Esta propiedad lo convierte en un sistema muy atractivo para el transporte público metropolitano. Los autobuses de plataforma baja disponen en su parte delantera de ventanillas de gran tamaño que brindan una mejor visibilidad a los pasajeros sentados. Se ha incrementado aún más la altura del interior, lo cual proporciona mayor confort y libertad de movimientos. El equipamiento interior incorpora también algunas innovaciones que contribuyen al bienestar de los pasajeros. Se ofrecen ahora dos colores básicos para la terminación interior:

champiñón y gris aéreo, que pueden combinarse con un gran número de tapizados, a fin de ofrecer a los pasajeros algo más que sólo un medio de transporte práctico. Naturalmente, se pueden suministrar también para estos autobuses con motor de gas natural todos los equipos opcionales deseados, p.ej. el dispositivo "kneeling", una plataforma elevadora en la puerta delantera para sillas de ruedas o una rampa en la puerta central. Dentro de poco, además, se ofrecerá una tercera o cuarta puerta trasera. Por lo demás, estos modelos se basan plenamente en los renombrados autobuses de línea Mercedes-Benz, con todas las ventajas de incalculable valor que ofrecen. Acabados excelentes y materiales de

primera categoría garantizan que, en cualquier ciudad, los autobuses urbanos Mercedes serán medios de transporte atractivos y fiables, de amplia vida útil, con un funcionamiento impecable durante muchos años y a lo largo de cientos de miles de kilómetros. Al fin y al cabo, no debe ser casualidad que casi la mitad de los autobuses urbanos en Alemania sean de la marca Mercedes.

Para más información sobre la configuración y el equipamiento consulte nuestros prospectos sobre los autobuses de plataforma baja Mercedes-Benz O 405 N y O 405 GN o bien los catálogos de los autobuses de línea estándares O 405 y O 405 G.



Autobuses de gas O 405 y O 405 GN Mercedes-Benz: pioneros del transporte público de cercanías del siglo XXI.

La defensa del medio ambiente no sólo es una necesidad del momento, sino que reviste también máxima importancia en las decisiones que tendrán efecto hasta bien entrado el siglo XXI. Con los autobuses Mercedes-Benz accionados con gas natural, demostrará Ud. su preocupación por la conservación y mejora de nuestros espacios vitales. El autobús ha figurado siempre en primera línea en el desarrollo de medidas de protección ambiental. La insonorización del grupo propulsor existe ya desde 1970.

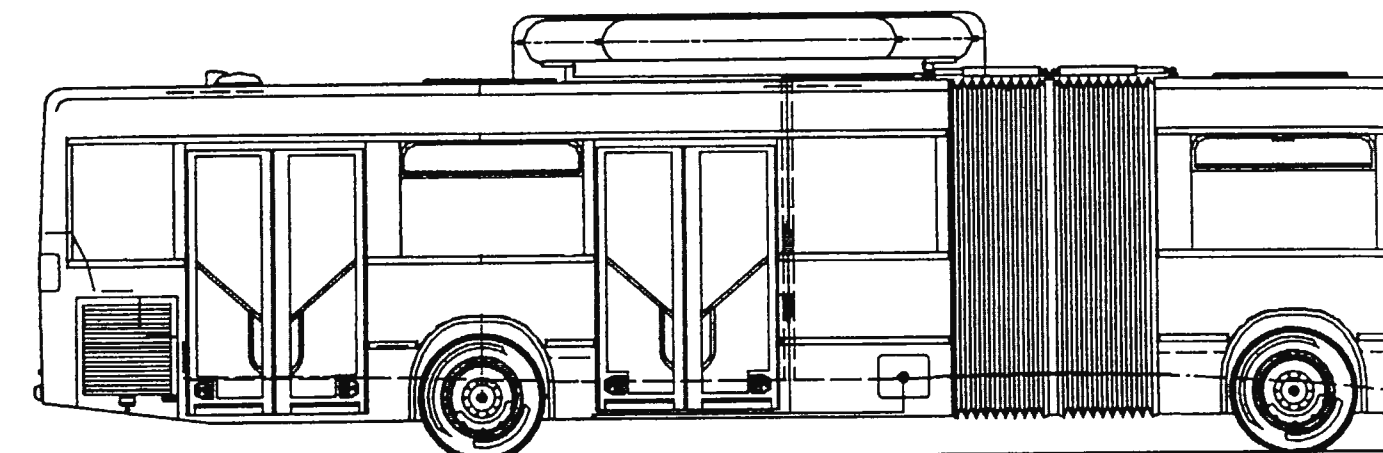
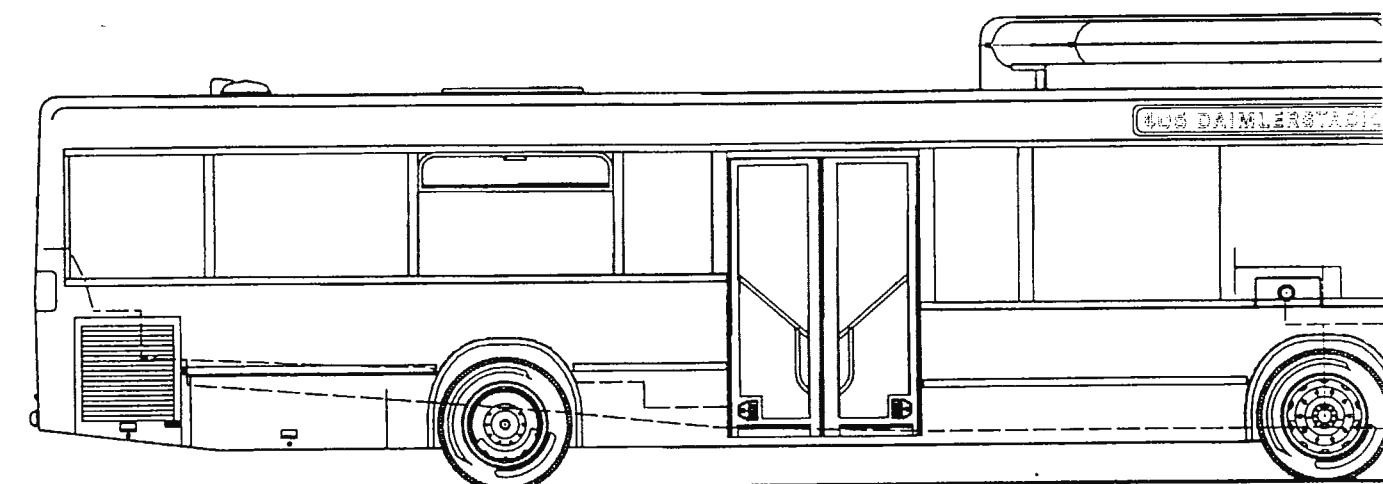
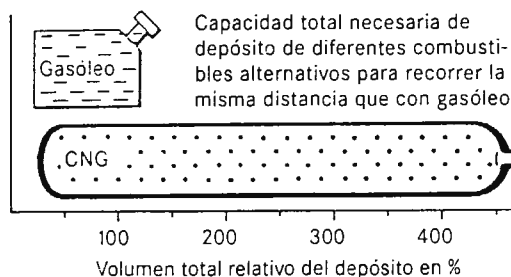
Los motores Diesel, ya de por sí poco contaminantes, se han ido perfeccionando constantemente. Hoy por hoy, figuran entre los mejores en materia de compatibilidad ambiental.

Se han desarrollado también filtros de hollín, que han sido sometidos a extensos ensayos en gran escala a fin de optimizarlos para su producción en serie. Los autobuses de plataforma baja con motor de gas natural sientan un precedente en este campo. Huelga decir que para ello fue necesario cumplir toda una serie de exigencias.

Gas natural comprimido para el empleo en autobuses

Es necesario comprimir el gas natural antes de aplicarlo en motores de combustión. El gas se toma directamente de la amplia red de tuberías, se somete

a un baño de purificación y se comprime a 200 bar, aproximadamente, en la "estación de servicio de gas natural". Los expertos hablan entonces de Compressed Natural Gas (CNG), o gas natural comprimido.

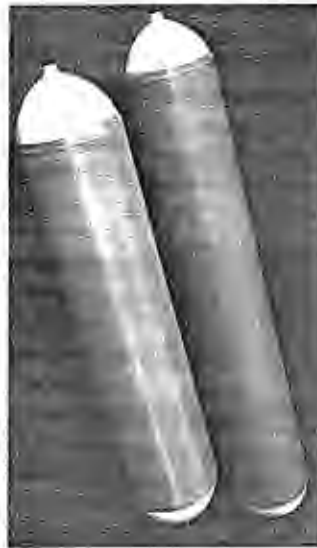


La seguridad ante todo: los depósitos de gas instalados sobre el techo ofrecen un 250 % de seguridad contra reventones.

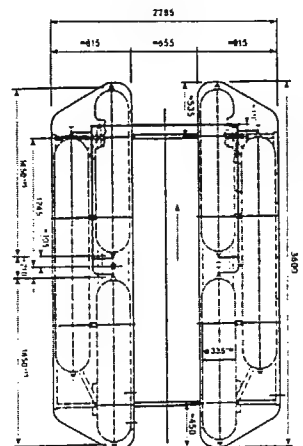
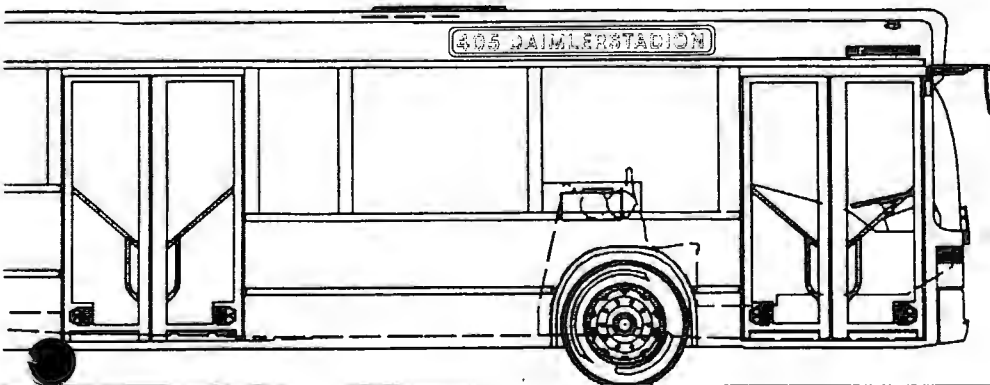
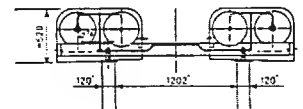
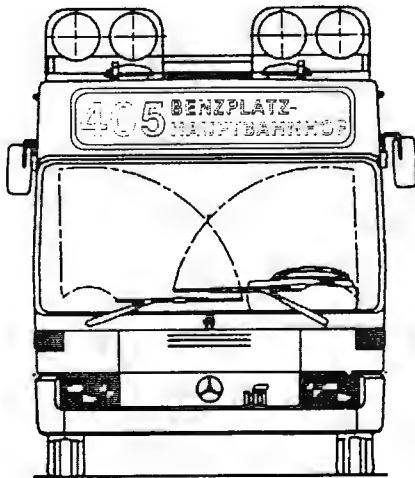
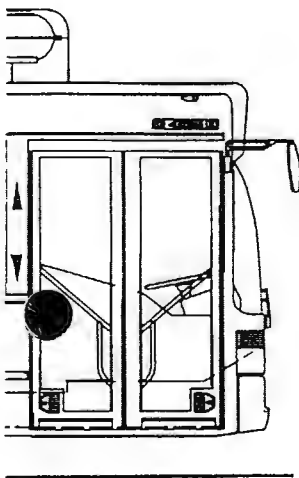
Depósitos de gas

Hay dos buenas razones para instalar sobre el techo los depósitos de combustible o "bombonas" de gas natural. En primer lugar, es el lugar más seguro. El natural gas, por ser más ligero que el aire, escaparía hacia arriba en caso de producirse una fuga. Por otra parte, es también el sitio en el que menos molestan, pues al fin y al cabo la instalación tiene una capacidad nada despreciable de 800 l. Esta cantidad de gas es suficiente para recorrer una distancia de unos 280 km a 300 km con un auto-

bús individual. En el caso de un autobús articulado, alcanza para unos 250 km, es decir, para el kilometraje total de un día de trabajo. Este volumen de combustible representa también la solución más razonable en cuanto al peso. Los depósitos llenos suponen alrededor de 750 kg más incidiendo apenas en la carga útil de los autobuses y permitiendo aprovechar casi al completo la capacidad de transporte de pasajeros. La instalación de gas consta, pues, de 6 depósitos a presión de material compuesto. Estas bombonas tienen un núcleo de



acero de alta aleación y llevan un revestimiento de fibra de aramida, aplicado por un procedimiento termoplástico. La presión necesaria para hacer reventar las bombonas sería de más de 500 bar, lo que significa que la instalación dispone de una reserva de seguridad contra reventones del 250%. A esto se suma una perfecta protección de las bombonas mediante válvulas de cierre, limitadores de paso y seguros combinados de fusión y presión. Como se puede comprobar, se han adoptado amplias medidas de seguridad.



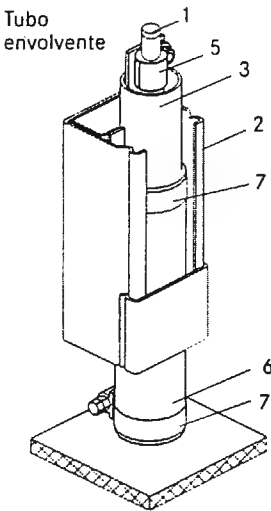
Manejo seguro y sencillo.

Repostar gas, casi un juego de niños.

La instalación de llenado se encuentra en el lugar donde habitualmente se echa el gasóleo: detrás de la tapa del depósito. La pistola del surtidor únicamente se puede conectar a la válvula de llenado cuando se ha apagado el motor y el vehículo está parado. Una vez abierta la llave esférica del surtidor, empieza a entrar el gas, comprimido a 200 bar, en los depósitos. Sólo hay que controlar la presión en el

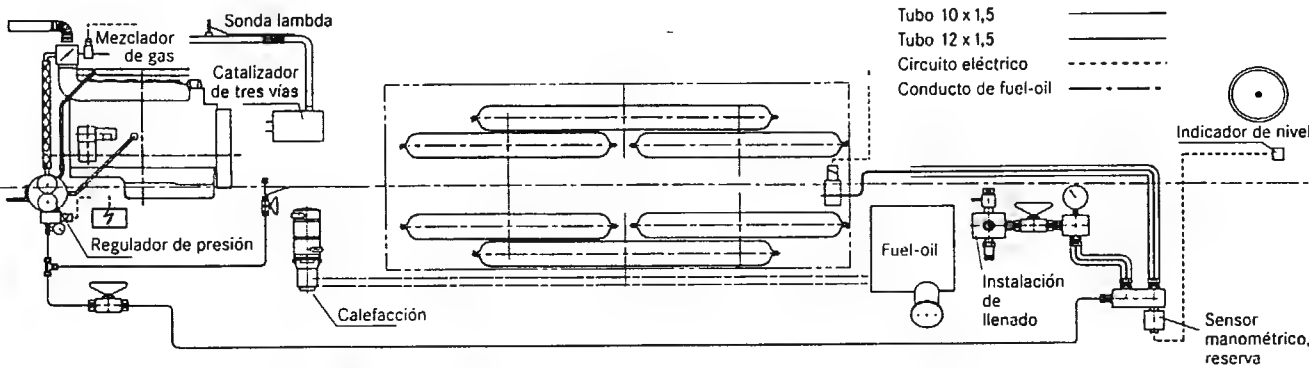
manómetro, cerrar la llave esférica, descargar la presión de la manguera del surtidor y cerrar la tapa del depósito. Nada más y nada menos.

La disposición de todos los conductos de gas dentro del vehículo cumple las estrictas normas de seguridad aplicables, teniendo en cuenta incluso aquellas que no han entrado aún en vigencia.

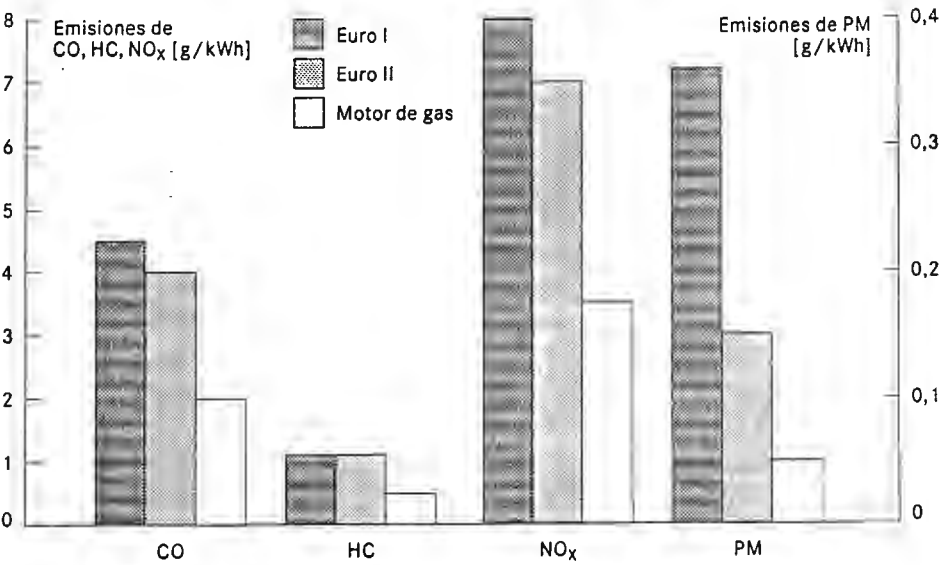


Absoluta seguridad en la instalación de los conductos de gas

El empleo de acero inoxidable, las uniones roscadas en técnica de dos anillos de sujeción y un mínimo de puntos de separación garantizan la absoluta estanqueidad de los conductos. Además, el conducto que discurre hacia los depósitos de gas ha sido insertado en el interior de un tubo ventilado, hermético al gas. Queda excluida, así, toda posibilidad de entrada de gas en el vehículo.



▲ Esquema de la instalación



Emisiones de sustancias contaminantes de motores a gas con catalizador de tres vías y sonda lambda, según ECE R 49.

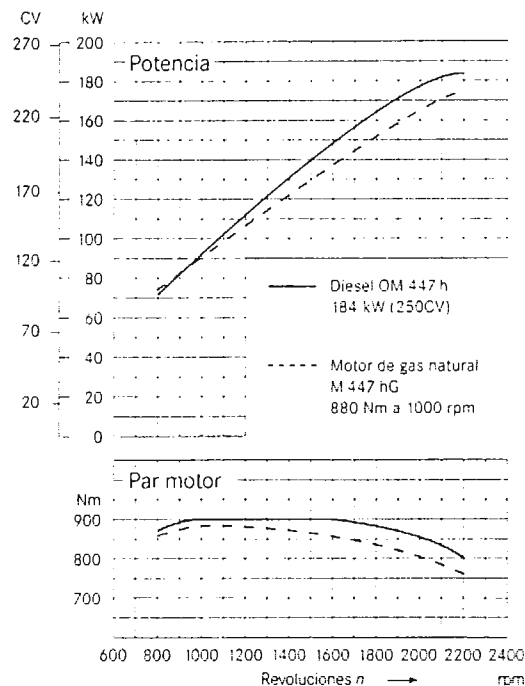
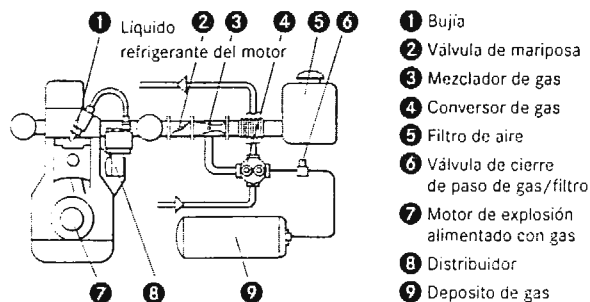
Los motores de gas natural más modernos se basan en una técnica sólida.

El motor básico de los autobuses accionados por gas natural es un "viejo conocido". Se trata del motor en línea OM 447 h de montaje horizontal, adaptado óptimamente al funcionamiento con gas natural. La primera modificación emprendida fue la "conversión" al principio de funcionamiento de los motores de explosión, puesto que el gas natural presenta un alto poder antidetonante que le impide autoinflamarse, descartándose así su aplicación en un motor Diesel. El motor básico robusto garantiza, por otro

lado, una extraordinaria estabilidad. Para el proceso de combustión se ha instalado un mezclador de gas delante del colector de admisión, que, con la ayuda de un regulador de presión calefaccionado, hace que se aspire una mezcla de aire y gas natural en lugar de sólo aire. Se ha incorporado una válvula de mariposa para regular la potencia. En lugar de la inyección Diesel que integraría normalmente el OM 447 h, se ha recurrido al sistema de encendido para motores de explosión. Los pistones

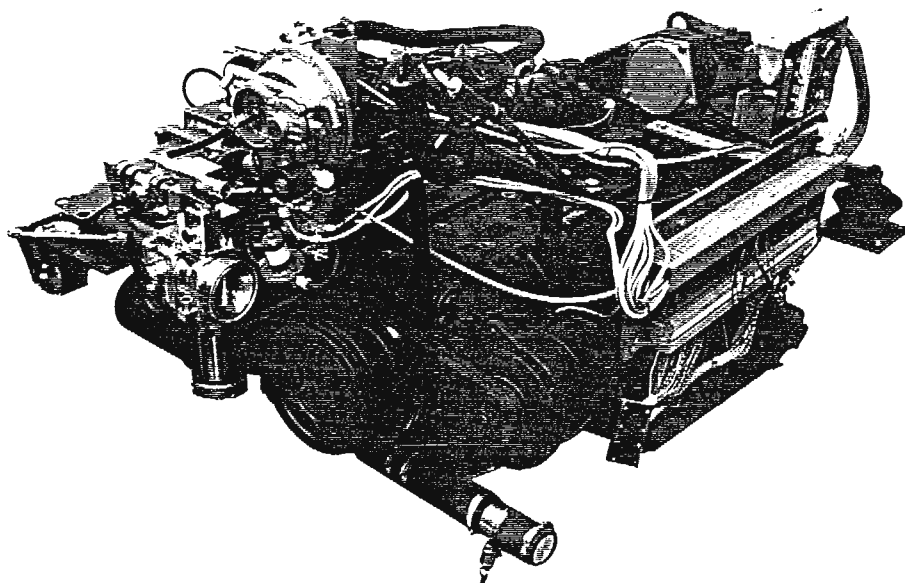
disponen de una cámara de combustión especialmente apropiada para el funcionamiento con gas natural. La regulación lambda ($\lambda = 1$) y un catalizador

de tres vías reducen considerablemente las emisiones de sustancias contaminantes.

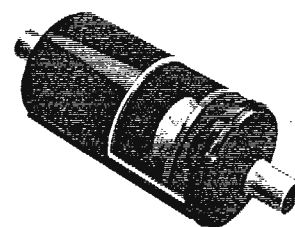


Esquema del motor de explosión para funcionamiento exclusivo con gas, con encendido por chispa

Potencia y par motor del motor Diesel OM 447 h comparado con el motor de gas natural M 447 hG



Motor de gas natural M 447 hG de construcción horizontal



Catalizador de tres vías

El motor de gas natural M 447 hG de Mercedes-Benz queda un 50% por debajo de los valores límite que impone la norma EURO II, vigente a partir de 1994/95. Con ello se acatan ya hoy los valores que regirán en el siglo XXI.

Datos técnicos

Las características técnicas de los autobuses de gas natural son, en general, idénticas a las de los autobuses de plataforma baja con motor Diesel. Sírvase consultar los respectivos catálogos. A continuación citamos los datos que difieren del motor análogo Diesel:

Capacidad

O 405 N/O 405 GN
Asientos 33 49
Plazas de pie 63 107
Se puede solicitar otra disposición de los asientos.

Medidas principales

Longitud O 405 N 11.865 mm
Longitud O 405 GN 17.820 mm
Anchura 2.500 mm
Altura 3.413 mm
Distancia entre ejes 5.875 mm
Altura del piso sobre la calzada 370 mm
Tamaño de los neumáticos 11/70 R - 22,5

Motor

Motor de gas natural
M 447 hG, de regulación electrónica, con catalizador de tres vías, 6 cilindros en línea, construcción horizontal, refrigerado por agua.
Potencia 238 CV (175 kW) a 2200 rpm

Par máximo 880 Nm a 1000 rpm
Montado en la parte trasera, debajo de la plataforma. Encapsulado insonorizante de serie.

Cambio

Cambio automático con retardador integrado.

Chasis y carrocería

La infraestructura delantera del bastidor consiste en una plataforma sin peldaños en las puertas 1 y 2 (opcional: puerta 3 con peldaño de 240 mm). En la parte trasera, el bastidor es de construcción en celosía, con tubos de sección cuadrada de gran volumen y piezas prensadas y plegadas. Pasarruedas de chapa prensada de acero al cromo-níquel, de 3 mm de espesor, en la parte central y trasera; de chapa de acero en la parte delantera. Protección anticorrosiva aplicada por inmersión cataforética. El piso del vehículo se encuentra a 370 mm sobre la calzada. Ascende ligeramente hasta el eje delantero, es llano hasta la 2ª puerta y asciende luego hasta la pared de separación del motor. En el caso del autobús articulado, el piso es llano hasta la puerta de la sección

trasera, y asciende ligeramente en la articulación.

Instalación de gas

La instalación de gas se encuentra montada a la altura del eje delantero (en el caso del autobús articulado, se halla instalada en la parte delantera de la sección trasera). Consta de 6 bombonas de gas (2 conjuntos de 3 unidades c/u), en ejecución compuesta (acero de alta aleación con revestimiento de fibra de aramida). La instalación no afecta a la accesibilidad de las salidas de emergencia en el techo. Los conjuntos de bombonas están protegidos por una tapa cada uno.

Cada bombona viene protegida por válvulas de cierre manuales en las que se han integrado un fusible, un disco de reventamiento y un limitador de paso. En el punto de unión de los conductos se ha instalado una válvula de cierre electromagnética que está cerrada cuando no recibe corriente.

La instalación de llenado se encuentra detrás de la tapa abatible por la que se accede a los depósitos

(igual que en los vehículos Diesel). A través de ella se efectúa el llenado las bombonas con CNG a una presión de hasta 200 bar. El volumen total de 800 l de gas comprimido equivale a 200 m³ de gas sin comprimir. Empalme de llenado con válvula de retención y válvula de cierre manual. La instalación cumple plenamente las disposiciones de seguridad vigentes. Los conductos hacia los depósitos y el motor son de acero inoxidable y absolutamente herméticos al gas.

El regulador de presión calefaccionado por agua, integrado en el compartimiento, regula la presión del gas en dos etapas de 200 bar a 4 bar y de 4 bar a una ligera presión negativa. Esto garantiza que sólo haya afluencia de gas cuando el motor está en marcha.

Sujeto a modificaciones sin previo aviso. Las indicaciones del presente prospecto deben considerarse como aproximadas. Las ilustraciones pueden reproducir equipos especiales.



Mercedes-Benz
Autobuses/Autocares

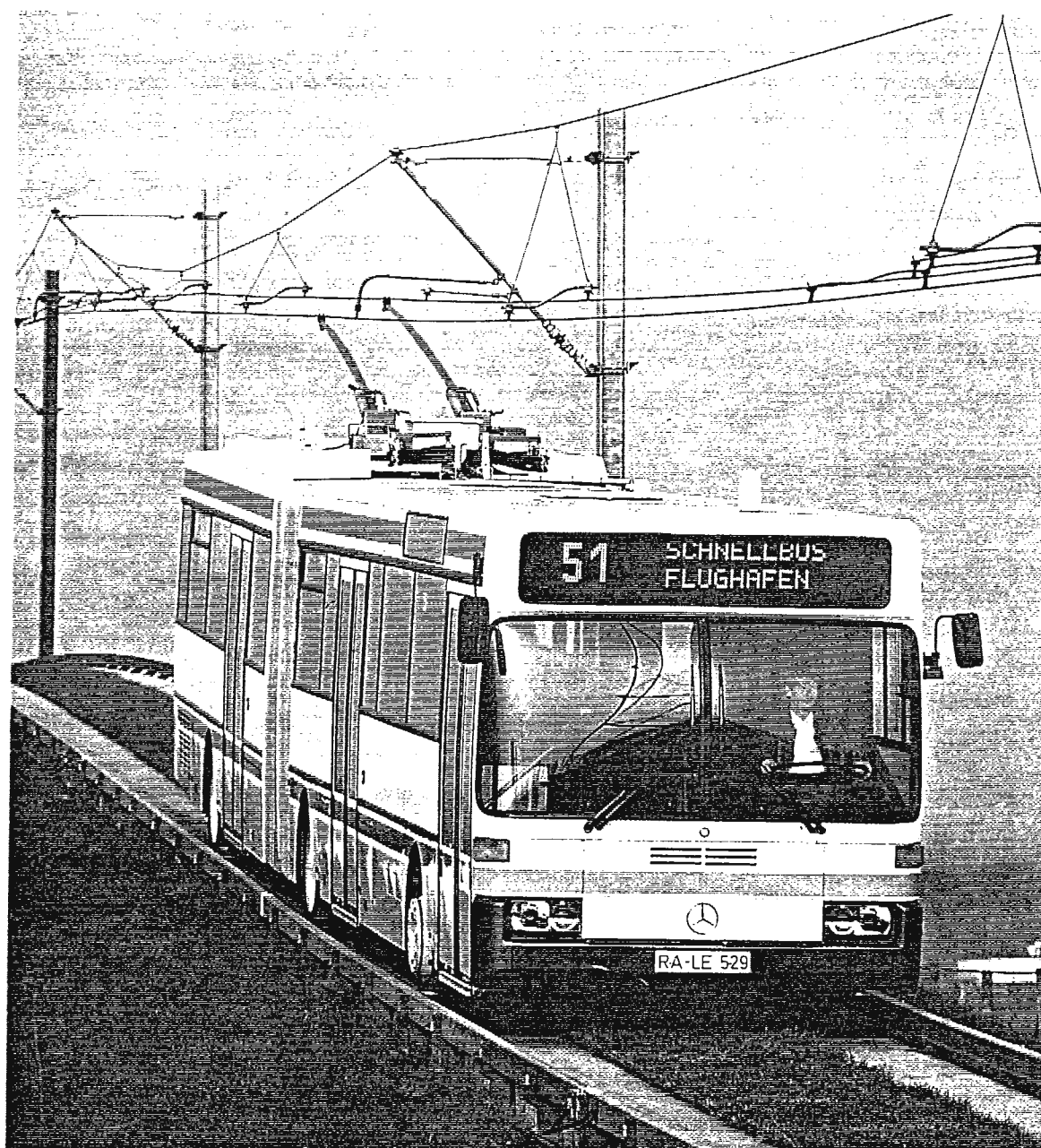
ANEXO N° 4

Autobuses urbanos de propulsión eléctrica



Mercedes-Benz

Autobuses urbanos de
propulsión eléctrica
O 405T, O 405GT y
O 405GTD



La alternativa de propulsión para el transporte público de Cercanías.

Con la propulsión eléctrica, la Daimler-Benz ofrece una alternativa para el transporte de viajeros en centros urbanos. El servicio urbano está verdaderamente predestinado para la propulsión eléctrica.

Frente a las máquinas motrices de combustión, ella ofrece las siguientes ventajas:

- benignidad para el medio ambiente al no producirse gases de escape en el lugar de servicio;

- reducción del nivel fónico al ser mínimo el ruido de arranque y no producirse ruido en las paradas;

- favorable curva característica del motor, con fuerza de tracción y de frenado que se desarrolla directamente, sin cambios de marcha;

- mejor aprovechamiento de la energía gracias a una regulación favorable del motor, con recuperación de la energía de frenado;

- menor dependencia del petróleo al aprovecharse otras fuentes de energía.

Mientras el O 405 T y O 405 GT son adecuados para las zonas urbanas, de gran densidad de tráfico, el O 405 GTD puede

estar servicio como autobús independiente de la línea de contacto en barrios del extrarradio, menos afectados por los gases de escape (con una propulsión Diesel, de baja expulsión de sustancias nocivas).

Con su técnica de propulsión, el Mercedes-Benz O 405 GTD combina flexiblemente las ventajas del autobús articulado de impulsión trasera, con motor Diesel, y las del trolebús. Tanto con la propulsión eléctrica como con la Diesel, ofrece los mismos rendimientos y las mismas cualidades de marcha. El cambio de propulsión lo efectúa automáticamente el conductor desde su puesto de trabajo pulsando un botón. Se ha conservado el ex-

istente concepto de nuestro acreditado autobús articulado de impulsión trasera: la ejemplar combinación de una capacidad

para transportar numerosos pasajeros e idoneidad para el servicio bajo condiciones climatológicas muy desfavorables. Estas características del autobús de propulsión dual O 405 GTD facilitan el paso a la utilización de la energía eléctrica para los servicios urbanos. La red de líneas de contacto puede ampliarse progresivamente y limitarse a trayectos principales de mucha circulación, especialmente afectados por los gases de escape.

Los trolebuses O 405 T y O 405 GT son modelos derivados del autobús de propulsión dual O 405 GTD. Sus grupos eléctricos estandarizados contribuyen a la reducción de costes. En lugar del usual grupo electrógeno de emergencia para el motor eléctrico, los trolebuses Mercedes-Benz están equipados con una propulsión mecánica Diesel. Ello garantiza una conducción directa normal, independientemente del sistema eléctrico. Con el grupo propulsor Diesel más pequeño se pueden alcanzar velocidades de hasta

50 km/h. A deseo, el programa de motores Mercedes-Benz ofrece variantes hasta el autobús de propulsión dual.

El motor eléctrico de línea compacta AEG, de poca altura y con ventilación independiente, hace posible que el vehículo tenga un piso ininterrumpido hasta el eje propulsado con una altura de sólo 710 mm.

Una técnica ultramoderna de modulación de la corriente, con tiristores GTO desconectables y 500 Hz de frecuencia de reloj, combina las ventajas del ahorro energético, del aumento de confort de marcha y de la simplificación del mantenimiento con la reducción del volumen y peso del vehículo.

La Daimler-Benz AG y las sociedades AEG y Dornier del grupo Daimler-Benz han desarrollado en un trabajo de cooperación este concepto de propulsión eléctrica. La Daimler-Benz

AG fabrica los chasis y las superestructuras de autobús, la AEG, el equipo eléctrico, y la Dornier, los troles. Es decir que el vehículo completo proviene de un solo fabricante. Ello significa para el cliente:

- ningún problema de armonización entre el chasis, la superestructura, el equipo eléctrico y los troles;

- recepción técnica final tras la puesta en servicio del vehículo en el centro de ensayos del O-Bahn de la Daimler-Benz en Rastatt (RFA);

- un fuerte socio de cooperación, tan bueno en asistencia como en técnica.





Técnica benigna para el medio ambiente, con los componentes del sistema que provienen de una sola empresa fabricante.

Grupos propulsores

Propulsión eléctrica AEG

Disposición bajo el piso.

Motor de tracción

Grupo propulsor de corriente mixta con excitación en serie, modelo CUZAC 4579; potencia constante de 180 kW a una tensión nominal de la red de 600V (220 kW a 750V); lógica de polaridad; ventilación independiente; la pequeña altura de construcción, de 445 mm, hace posible el montaje bajo el piso de vehículo con una altura de 710 mm.

Propulsión

A través de un árbol de transmisión a dos ejes propulsados.

Regulación del motor

El servomotor de corriente continua, con tiristores GTO desconectables, y el dispositivo de mando GEMATIK-C, de 500 Hz de frecuencia de reloj, significan un tipo de construcción de peso reducido que ocupa poco espacio.

Conducción

Regulación progresiva de la tensión a cargo de un servomotor de corriente continua con atenuación continuada del campo.

Frenos

Freno dinámico mixto autoexcitado y freno reostático continuado.

Ventilador de corriente alterna

Para el motor de tracción, servomotor de corriente continua, así como inductancia de la red y del motor; alimentado a través de un ondulator por el sistema eléctrico del vehículo.

Grupo propulsor Diesel del O 405 GTD:

dispuesto en la zaga OM 447 h o OM 447 h A 6 cilindros en línea dispuestos horizontalmente.

Potencia

177 kW (240 CV) a 2200/min ó 206 kW (280 CV) a 2200/min.

Par motor

883 Nm ó 1225 Nm a 1200/min.

Cambio

Cambio automático de 3 marchas W 3 E 110/R con retardador.

Propulsión

A través de un árbol de transmisión a los ejes traseros propulsados. Acoplamiento de la propulsión eléctrica/Diesel: maniguito corredizo con dos posiciones finales, que sólo deja acoplar un tipo de propulsión.

Grupo propulsor Diesel del O 405 T y O 405 GT

dispuesto en la zaga OM 601, 4 cilindros en línea Potencia: 60 kW (82 CV) a 4000/min.

Par motor: 157 Nm a 2400/min.

Cambio

Cambio automático de 4 marchas.

Propulsión

Directa y mecánica, a través de un árbol de transmisión a los dos ejes propulsados.

Ejes

Eje delantero

Eje con extremos en forma de puños VO 4/18 DI-7, conducido por 3 brazos longitudinales y uno transversal.

Eje central

(en el O 405 GTD y O 405 GT)

Eje tubular NR 7/4 DL-10, conducido por dos brazos longitudinales y uno transversal triangular.

Eje trasero

Dos ejes propulsados con planetarios en los extremos HO 7/02 DLM-10, conducidos por dos brazos longitudinales y uno transversal triangular.

Suspensión

Eje delantero

2 fuelles neumáticos una válvula reguladora de nivel de la altura sobre el suelo 4 amortiguadores.

Eje central en

el O 405 GTD y O 405 GT

4 fuelles neumáticos; 2 válvulas reguladoras de nivel de la altura sobre el suelo; 4 amortiguadores.

Eje trasero

4 fuelles neumáticos 2 válvulas reguladores de nivel de la altura sobre el suelo 4 amortiguadores.

Neumáticos/llantas

11/70 R 22,5/7 x 22,5

Freno

□ Automatismo frenador para propulsión eléctrica con freno de generador con alimentación de retorno para propulsión Diesel

(en el O 405 GTD) con retardador

□ Freno de fricción sistema por aire comprimido, de dos circuitos; tipo "Simplex" con reajuste automático de las zapatas.

Eje central de adaptación automática a la carga

(en el O 405 GT y O 405 GTD).

Válvula de freno de pedal.

A deseo: ABS (sistema de antibloqueo) y ASR (regulación del resbalamiento al acelerar).

Freno de estacionamiento

O 405 GT y O 405 GTD: freno

por acumuladores de fuerza elástica; actúa sobre el eje central y el eje trasero.

O 405 T: freno por acumuladores de fuerza elástica; actúa sobre el eje trasero.

Freno para las paradas

O 405 GT y O 405 GTD: electroneumático; actúa sobre el eje central y el eje trasero.

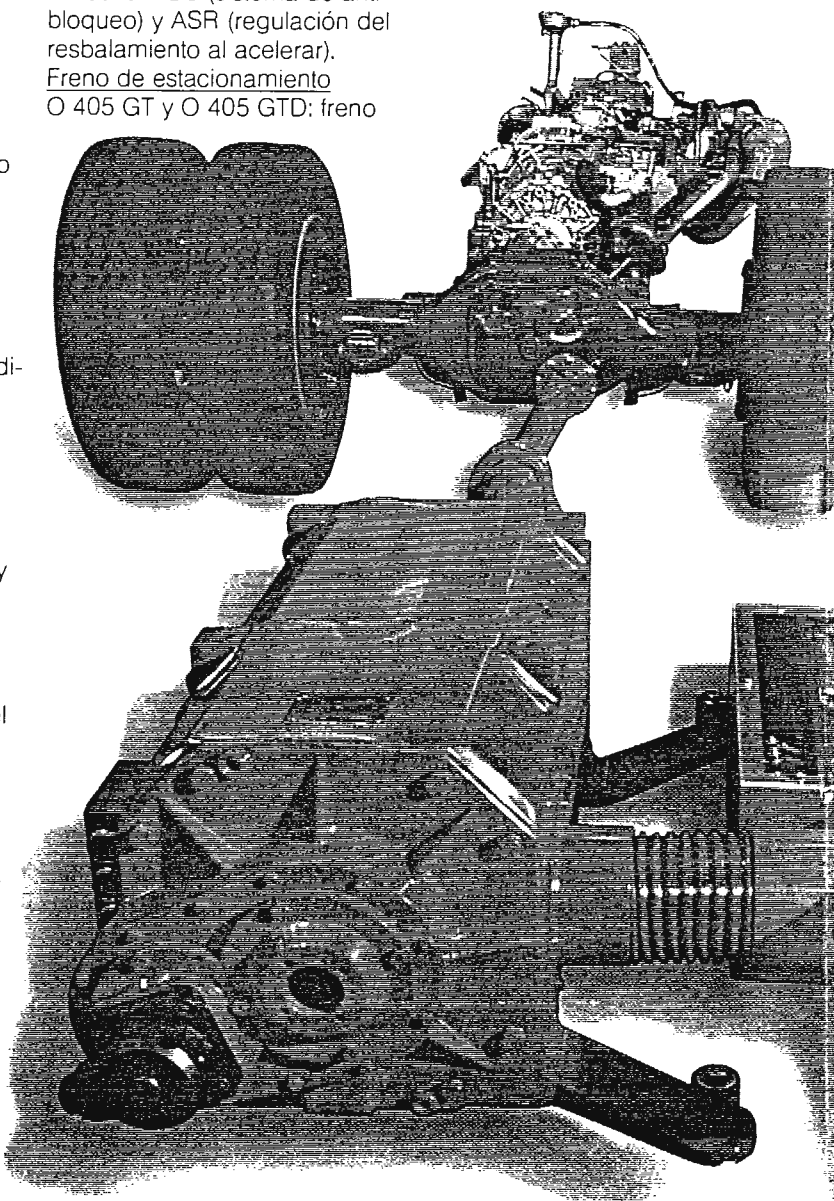
O 405 T: electroneumático; actúa sobre el eje trasero.

Dirección

Dirección hidráulica por tuerca de bolas Daimler-Benz.

Grupo auxiliar

Compresor de aire, R2 500 cm³, refrigerado por aire, caudal de 280 l/min a 800/min y 8 bares.



Propulsión

Motor en derivación de corriente continua con arrollamiento auxiliar en serie, tensión de la red (O 405 GTD). Motor Diesel a través de acoplamientos magnéticos (O 405 T y GT).

Acometida de aire independiente

Detrás de una trampilla en la parte delantera; tuberías de material inoxidable.

Depósito de combustible del O 405 T y O 405 GT 42 litros

Depósito de combustible del O 405 GTD 230 litros

Batería

2 x 12V/200 Ah

Red eléctrica del vehículo 24V

Transmisión de energía

Trole de construcción ligera Dornier, con poca presión de apriete y escaso peligro de desenganche. Se suministran los siguientes dispositivos auxiliares:

sistema semiautomático
sistema automático
combinación con recogedor ("retriever") — a deseo —

Bastidor del chasis y carrocería

Infraestructura autoportante totalmente de acero. El bastidor de rejilla y la armazón de la carrocería, de tubos fosfatados de sección cuadrada, están soldados formando una unidad portante. Revestimiento de chapa galvanizada en banda.

Puertas

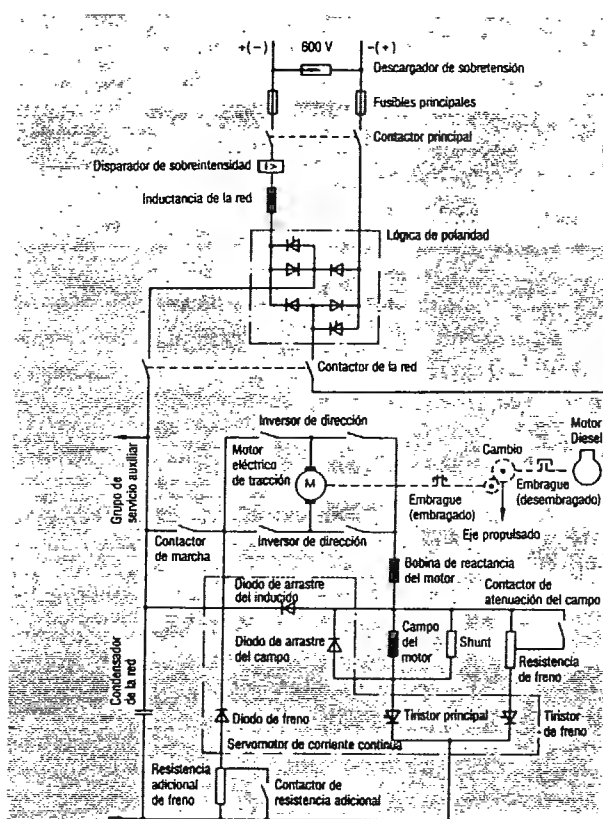
3 puertas de dos batientes oscilantes hacia el interior, de accionamiento electroneumático y automatismo de la tercera puerta. A deseo, puerta trasera; con motores grandes, reducción de la anchura de la misma.

Equipo interior

Revestimiento interior; paredes laterales y techo revestidos de placa de fibra prensada o plástico. Piso: de pegulán.

Asientos

Asientos individuales tipo cubeta de material plástico, sobre armazón de tubo, de sujeción a la pared por raíles y al piso por las patas. Cabina: el asiento del conductor es regulable, está amortiguado y provisto de elementos de suspensión.



Calefacción

1 intercambiador de calor delantero, de 20 000 kcal/h
6 intercambiadores de calor bajo el asiento en el O 405 GT y O 405 GTD;
6 x 5000 kcal/h
3 intercambiadores de calor bajo el asiento en el O 405 T
3 x 5000 kcal/h
Calefacción independiente Webasto DBW 2020.
Calefacción eléctrica independiente por agua caliente.

Ventilación

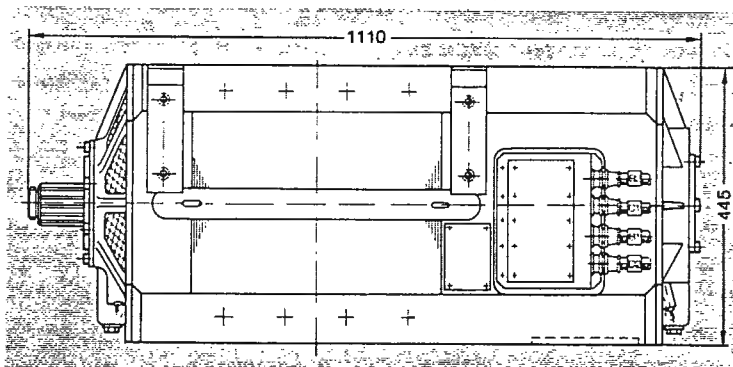
Calefactor delantero; tapas deflectoras, ventiladores eléctricos y una escotilla en el techo; ventanilla corrediza junto al puesto del conductor; varias ventanillas abatibles.

Dispositivo de remolque

Argolla dispuesta detrás de la tapa en la parte delantera (A deseo, argolla en la zaga).

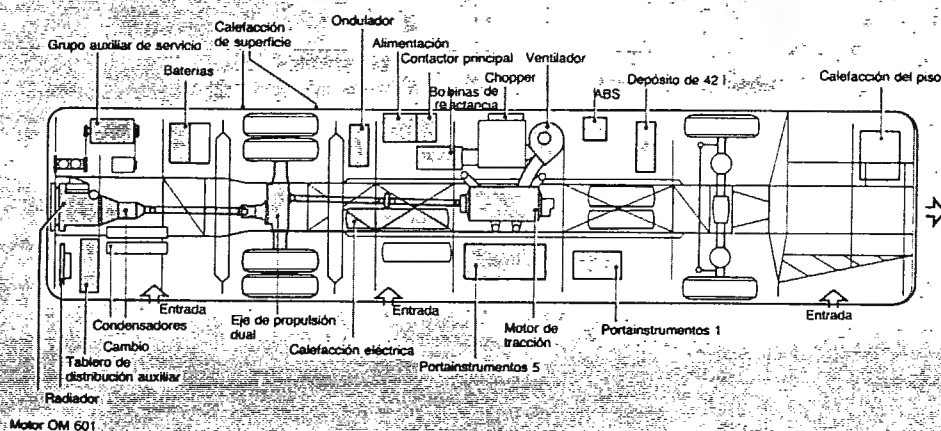
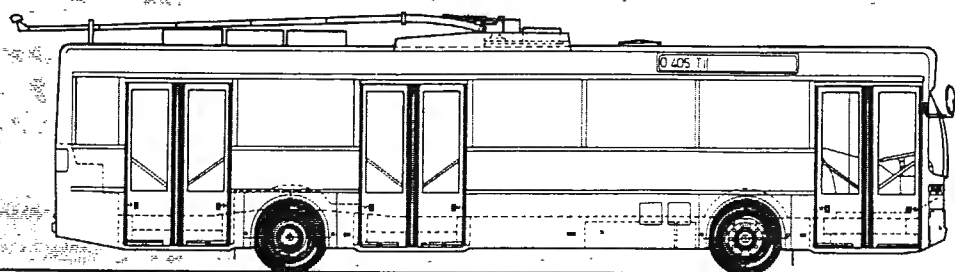
Punto de articulación

(en el O 405 GT y O 405 GTD). Unión articulada por corona giratoria de bolas MB con regulación antipandeo.

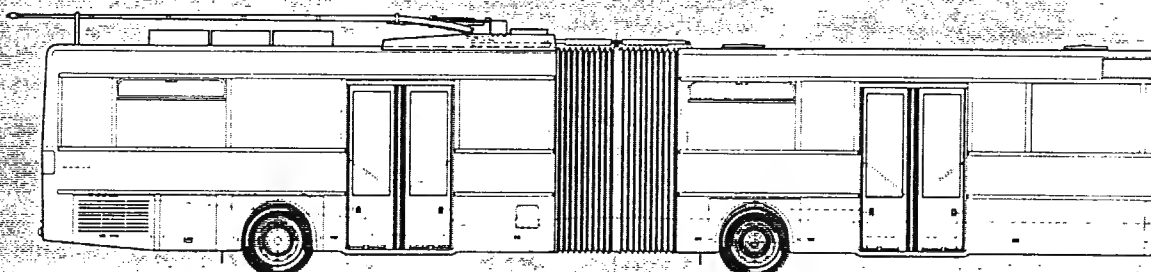


Datos técnicos.

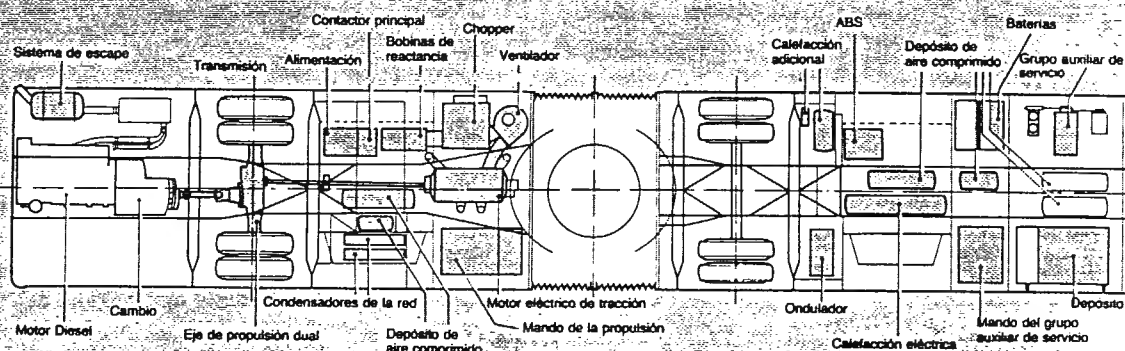
O 405 T



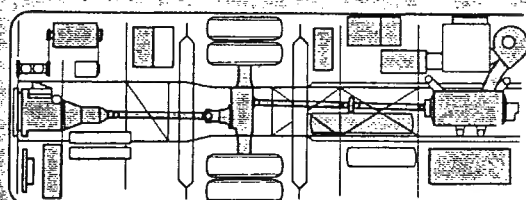
O 405 GT/GTD



O 405 GTD



O 405 GT



Medidas principales	O 405 T	O 405 GTD O 405 GT
Longitud total	11 475 mm	17 430 mm
Anchura	2 500 mm	2 500 mm
Altura (con trole recogido)	3 400 mm	3 400 mm
Voladizo delante	2 560 mm	2 560 mm
atrás	3 040 mm	3 040 mm
Distancia entre ejes delante	5 875 mm	5 625 mm
atrás		6 175 mm
Distancia eje central/punto de articulación	—	1 825 mm
Entrevía delante	2 080 mm	2 080 mm
centro/atrás	1 800 mm	1 800 mm
Diámetro del círculo de viraje curva de 90°	14,28 m	13,78 m
curva de 180°	20,06 m	22,36 m
Angulo tangente rueda/voladizo delante	8°	8°
atrás	8°30'	7°45'
Altura libre sobre el suelo		237 mm
Altura del piso (sobre la calzada)	710 mm	710 mm
Altura interior	2 180 mm	2 180 mm
Altura de los escalones 1° escalón	320 mm	320 mm
(sobre la calzada)		
2° escalón	195 mm	195 mm
3° escalón	195 mm	195 mm

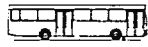
Capacidad de transporte de pasajeros

Asientos	1/35	1/41	1/58	1/62
Plazas de pie	65	48	113	106
Personas en total	1/100	1/89	1/171	1/168

A deseo se suministran otras variantes de asientos. En la capacidad de transporte de pasajeros deben tenerse en cuenta los equipos opcionales.

Sistema de elementops estándar intercambiables O-Bahn.

Los vehículos de propulsión eléctrica aquí mencionados son componentes del sistema de transporte público O-Bahn, que hace posible una especial adaptación a cada caso particular.

Vehículo			
	una unidad	una unidad	una unidad o un tren de unidades
Impulsión	motor a combustión	● motor eléctrico	● otros tipos de impulsión
	combinaciones (imp. híbrida)		
Via	vía pública	●	vía propia
	a ras de tierra	● subterránea	● línea elevada
Conducción transversal	manual	● mecánica electrónica	● conducción transversal integral
	combinaciones		
Sistema de manejo del servicio	radiocomunicación	● información automática disposición	● servicio totalmente automático
Servicio	servicio de línea con sujeción a horario		● servicio discrecional

El sistema de prospectos Mercedes-Benz para autobuses consta de varios elementos.

Si, para su decisión de compra, Ud. necesita más material informativo, sírvase dirigirse al delegado de autobuses Mercedes-Benz de su zona.

El contenido se entiende sin compromiso.

Nos reservamos el derecho de introducir modificaciones.

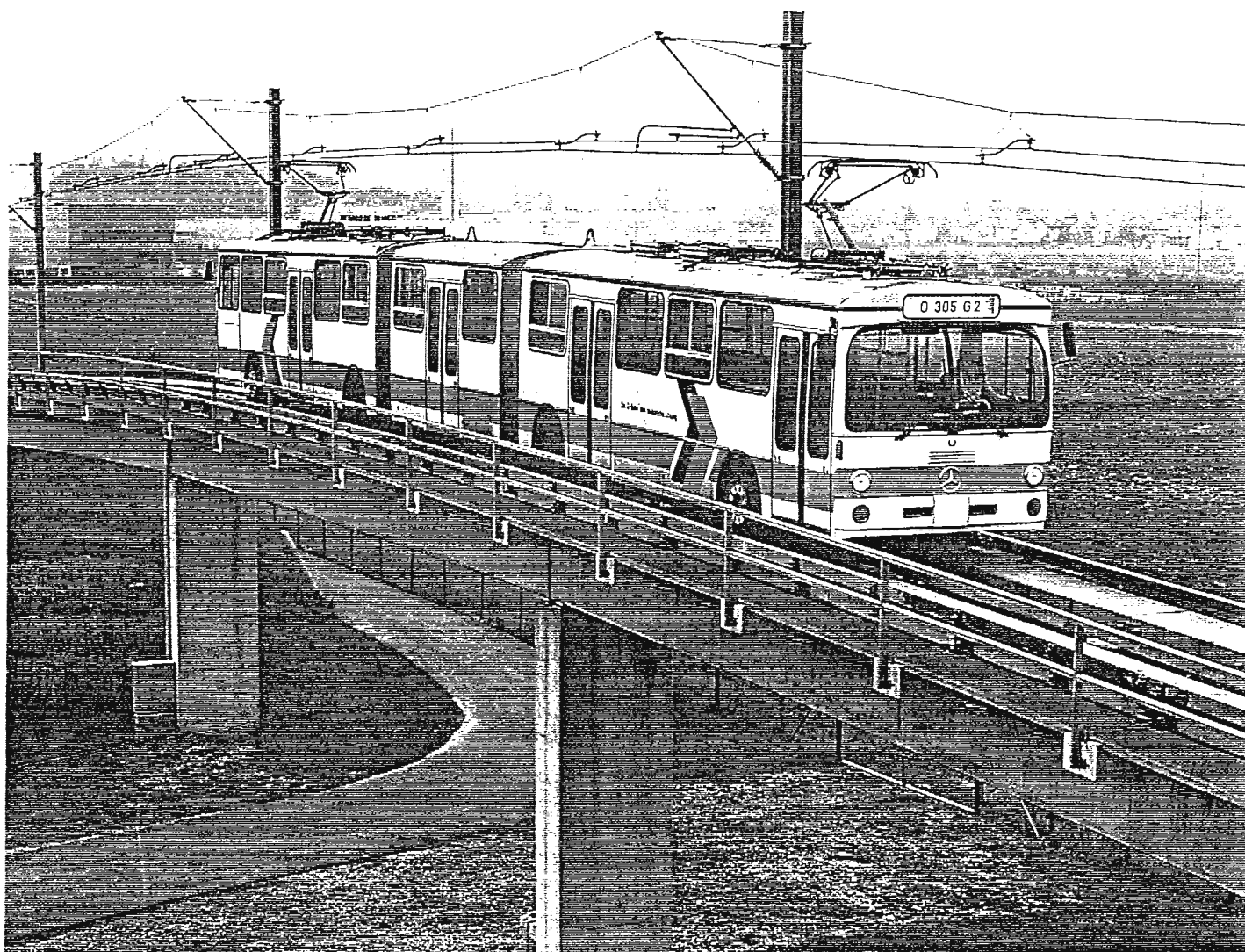
Las indicaciones en este prospecto deben considerarse como aproximadas. En las ilustraciones también pueden figurar equipos especiales que no pertenecen al volumen de suministro de serie.

Mercedes-Benz O 405 GG.

Otro vehículo de propulsión eléctrica es el autobús articulado doble O 405 GG. Este vehículo representa en el sistema O-Bahn una ampliación a elevadas capacidades de transporte de pasajeros,

que sólo son alcanzables mediante sistemas con línea propia. Ofrece capacidad para 220 personas y es adecuado para llevar remolque, con lo que se puede multiplicar la capacidad total.

Autobús articulado doble Mercedes-Benz O 305 GG.



MERCEDES-BENZ

ANEXO N° 5

O-Bahn

Concepción y utilidad



**Mercedes-Benz
O-Bahn®
Concepción y
Utilidad**



Las funciones del servicio urbano de transporte de viajeros.

El servicio urbano de transporte de viajeros cubre las necesidades de movilidad de gran parte de la población. Contribuye esencialmente a descongestionar el tráfico en ciudades y conglomerados urbanos. Siendo la mejor alternativa al tráfico particular, el público suele recurrir a él ante todo cuando existen condiciones meteorológicas adversas. Un atractivo servicio urbano de transporte de viajeros mejora la calidad de vida y protege el medio ambiente.



Condiciones básicas exigidas al servicio urbano de transporte de viajeros.

1. Para ser utilizado, el servicio urbano de transporte de viajeros debe resultar atractivo. La fiabilidad, el tiempo y el confort de viaje (por ejemplo, poca necesidad de transbordos) deben motivar al público para utilizarlo.

2. Aparte de ser altamente atractivo, el servicio urbano de transporte de viajeros debe poderse financiar. Constituye una partida de peso en los presupuestos públicos, y casi en ninguna parte del mundo se consigue financiarlo exclusivamente con las tarifas cobradas a los pasajeros. El proyecto y la construcción de sistemas de transporte de viajeros llevan décadas, y junto con el servicio cotidiano resultan muy costosos.

El autobús – base ideal para el O-Bahn.

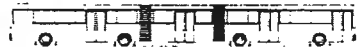
El sistema O-Bahn cumple, más que otros, las condiciones básicas exigidas al servicio público de transporte de viajeros. La base de este sistema la constituye el autobús. Toda empresa de transportes está familiarizada con su tecnología básica y sabe los buenos resultados que rinde.

Frente a sistemas que forzosamente tienen que rodar sobre vías propias, el autobús ofrece ventajas que lo hacen más atractivo en comparación con aquellos.

- Cortos caminos de acceso a las paradas.

El autobús puede acercarse más, tanto a los domicilios de los pasajeros como a los puntos de destino en la ciudad.

- Los viajeros tienen que hacer pocos transbordos, gracias a la amplia ramificación de la red de líneas: donde hay una calle, en principio puede pasar un autobús de línea.

Vehículo			
	una unidad	una unidad	una unidad o un tren de unidades
Impulsión	motor a combustión	● motor eléctrico	● otros tipos de impulsión
	combinaciones (imp. híbrida)		
Via	vía pública		● vía propia
	a ras de tierra	● subterránea	● línea elevada
Conducción transversal	manual	● mecánica electrónica	● conducción transversal integral
	combinaciones		
Sistema de manejo del servicio	radiocomunicación	● información automática disposición	● servicio totalmente automático
	servicio de línea con sujeción a horario		● servicio discrecional

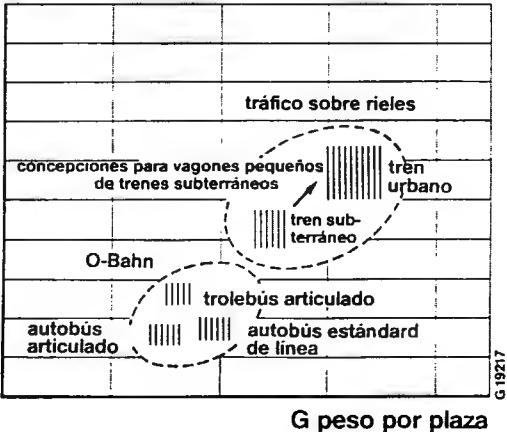
Pudiendo circular por prácticamente cualquier sitio, el autobús ofrece ventajas económicas y operacionales adicionales.

- Circulando por la vía pública, no necesita vías especiales que repercutirían en el presupuesto de la empresa de transportes.
- Los autobuses se fabrican en serie, a un costo favorable, por lo que su precio de adquisición resulta relativamente bajo.

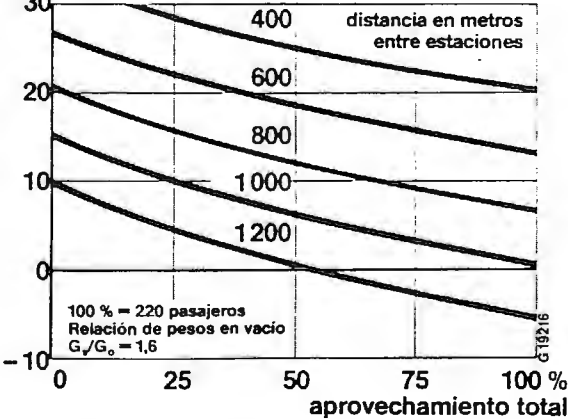
- Su construcción ligera, necesaria para circular por la vía pública, conlleva un importante ahorro de energía en el servicio urbano de transporte de viajeros.
- Su aptitud para circular por la vía pública hace que el servicio se pueda adaptar rápidamente a las necesidades cambiantes del tráfico, resultantes de variaciones de números de habitantes y estructuras urbanísticas o de cambios de ubicación de centros de actividad.

Gracias a estas ventajas económicas y operacionales, son los autobuses los que en todas partes transportan el mayor número de pasajeros en el servicio urbano de transporte de viajeros, independientemente del nivel de desarrollo industrial del país.

Costes de adquisición por plaza



Ahorro de energía en comparación con el tráfico sobre rieles



En caso de necesidad, los tramos de alta efectividad se pueden ampliar por etapas y de acuerdo con los medios económicos disponibles. Puesto que los tiempos de construcción son cortos, la ejecución de tales medidas y la demostración de su utilidad pueden caer dentro de un mismo período legislativo – sin tener, a largo plazo, efectos considerables sobre la vida y actividad del municipio.

No obstante, la implementación de tramos con carril propio no implica que los pasaje-

ros estén obligados a hacer mayor número de transbordos, como ocurre, por ejemplo, en el caso del servicio de ferrocarril o tranvía combinado con el de autobuses de enlace.

El carril especial del sistema O-Bahn permite que el vehículo en marcha cambie sin demora de la vía pública al carril propio. El pasajero puede permanecer sentado y posiblemente no se da cuenta siquiera.

Según las necesidades y posibilidades, los diferentes tramos de carril pueden unirse para formar redes. Para las distintas fases de

ampliación, cada una de las cuales puede ser ya de por sí la etapa final apropiada, hay disponible toda una familia de vehículos:

- autobús estándar de línea
- autobús articulado
- autobús de doble articulación

Los vehículos de doble articulación se pueden utilizar tanto en vías magistrales como en redes de carril y permiten formar trenes. Admiten números de viajeros que no serían concebibles en el servicio con autobuses convencionales.



90 plazas*

Autobús estándar de línea

- como autobús normal
- como autobús de impulsión dual



150 plazas*

Autobús articulado

- como autobús normal
- como autobús de impulsión dual



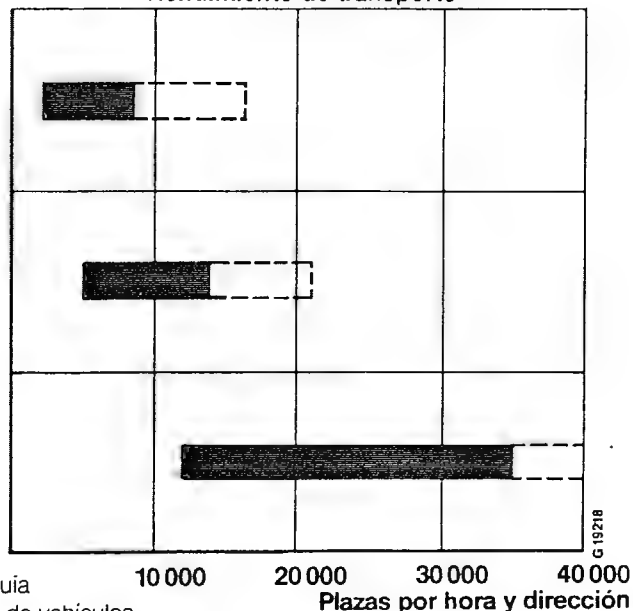
220 plazas*

Vehículo articulado doble

- para servicio sólo con carril de guía
- con posibilidad de formar trenes de vehículos

*0,15 m²/Pers.

Rendimiento de transporte



Servicio de autobuses guiados por carril – una importante fase de ampliación del sistema O-Bahn.

Los trazados propios requieren espacio y cuestan dinero, por lo que conviene construir sólo el mínimo necesario.

Se ha desarrollado un sistema de guía por carril específico para autobuses, que reúne las ventajas siguientes:

- Requiere mucho menos espacio que otros trazados, lo que hace más fácil su implementación, especialmente en ciudades con calles estrechas.
- La calzada de un carril para autobús requiere un sellado mínimo en comparación con el que necesita la calzada de una calle o la bancaca de las vías de ferrocarril.
- Los tramos de carril para autobuses se integran en el paisaje, dado que pueden sembrarse de césped y no hace falta mantenerlos limpios de malas hierbas por razones de seguridad.
- Yendo el autobús guiado en un carril, aumenta su seguridad funcional, también a alta velocidad.
- Los tramos de carril incrementan la capacidad de rendimiento del servicio de autobuses. Manteniendo los mismos intervalos de servicio, disminuyen los tiempos de viaje de los pasajeros, y los vehículos pueden prestar un servicio más efectivo.
- La calzada del carril reduce el ruido producido por los vehículos en aprox. 6dBA, lo que equivale casi al efecto de paredes antiruido.
- La construcción a base de elementos prefabricados significa montaje rápido con molestias mínimas, larga vida y exención de mantenimiento.
- Los vehículos pueden parar con gran precisión frente a las plataformas de las estaciones, también en caso de un trazado de guía unilateral. Por razones de comodidad se puede eliminar el escalón entre plataforma y entrada al autobús.
- El autobús de piso bajo, guiado por carril, es el primero que permite la entrada sin escalón. Así, por primera vez, es posible que inválidos suban al autobús sin causar demora a los demás viajeros, con lo que se favorece la integración deseada.



Paso a otros niveles de circulación.

Para mejorar la calidad de vida y descongestionar el tráfico, en muchas ciudades europeas sólo queda la solución de trasladar el servicio urbano de transporte de viajeros a otro nivel.

En nuestro ejemplo – se trata del proyecto de una ciudad mediana – está previsto construir debajo de la parte antigua de la ciudad un túnel para autobuses, lo que, frente a la situación actual, traerá las siguientes ventajas:

- Se respetarán edificaciones existentes, de valor histórico.
- Los autobuses atravesarán la ciudad con fluidez, sin encontrar obstáculos, y, a cambio, ya no importunarán la circulación de peatones.

- El túnel tendrá sólo 1,3 km de largo, o sea, el 2 % aprox. de la longitud total de la red. En el 98 % restante, los autobuses podrán circular por la vía pública.

- Como los vehículos circulan en un carril de guía, el túnel puede tener un gálibo reducido, con lo que se consigue un ahorro del 25 % sobre el coste.

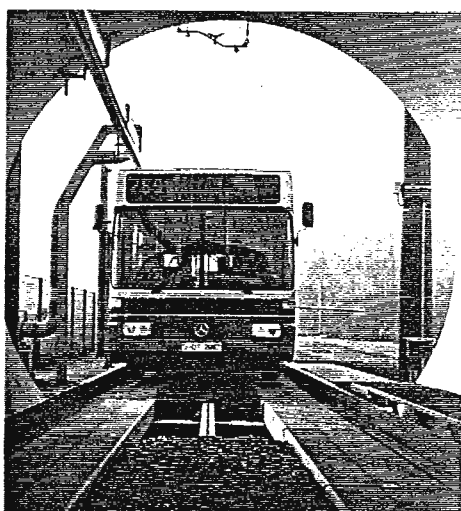
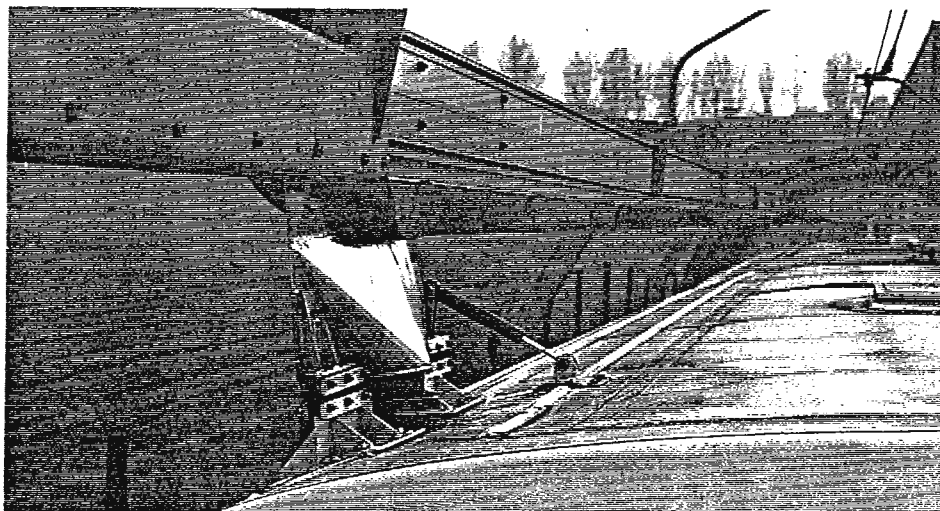
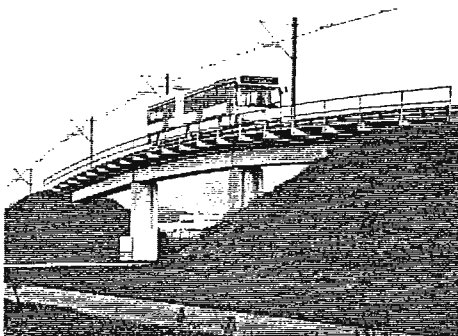
Los tramos elevados se pueden construir con facilidad y rapidez a partir de elementos prefabricados, siempre y cuando la elevación de la vía resulte conciliable con la arquitectura del entorno. La circulación por un carril de guía admite, frente a la conducción manual por la vía pública o el servicio ferroviario,

- estructuras especialmente estrechas, ceñidas,

- una considerable reducción de costes, gracias a la precisión del trazado de rodadura y la reducida carga, claramente definida,

- reducción de ruidos en un nivel comparable al de paredes antirruido.

Frente a construcciones ferroviarias, las obras de acceso a otro nivel pueden ser considerablemente más cortas y resultan, por tanto, mucho más económicas. Mientras que en el trazado para ferrocarril hay que tener en cuenta la restringida capacidad ascensional de los trenes, el único factor a considerar en el caso del autobús es el bienestar de los pasajeros que viajen de pie.



Ventilación de los túneles.

A menudo, todavía se oponen criterios económicos al funcionamiento eléctrico de autobuses en túneles relativamente cortos. Pero los viajeros no deben ser expuestos a molestias por gases de escape, ante todo en las paradas en túneles y en el interior de los vehículos. Un sistema de evacuación de

gases, recién desarrollado, permite aspirar directamente, en marcha, los gases de escape del motor Diesel, que salen por el tubo de escape en el techo del autobús.

- No hay olores molestos ni, mucho menos, riesgo para la salud de los viajeros.
- Este sistema de ventilación de túneles

resulta mucho más rentable y eficaz que los sistemas que ventilan el gálibo entero del túnel, con la ventaja de que no causa corrientes de aire adicionales.

- Los gases recogidos en una instalación estacionaria se pueden descontaminar con especial eficacia.

Moderna impulsión eléctrica para el sistema O-Bahn.

En comparación con la propulsión por un motor de combustión y dejando a un lado aspectos económicos, la propulsión eléctrica ofrece claras ventajas.

- En el lugar de aplicación de los vehículos no se producen gases, una característica que se va exigiendo cada vez más en centros de ciudad.
- Producen mucho menos ruido – ante todo al ponerse en marcha el vehículo.
- Si los grupos auxiliares están óptimamente controlados, el vehículo no produce ruido alguno en las paradas, puesto que el motor funciona solamente cuando el autobús está en marcha.
- La favorable curva característica del motor permite una aceleración y un frenado rápidos y uniformes, sin caja de cambio – con un confortable transcurso y cortos tiempos de viaje, lo que aumenta el atractivo.
- La energía se aprovecha de un modo especialmente favorable, gracias a un avanzado control del motor y la retroalimentación de energía de frenado.

● El petróleo deja de ser la única fuente de energía posible.

● El servicio de línea, dentro del servicio urbano de transporte de viajeros, se presta especialmente al uso de la propulsión eléctrica, puesto que la energía necesaria se puede tomar de y entregar a la red, sin necesidad de acumularla.

Unos nuevos motores eléctricos compactos, de ventilación independiente, con modernísima técnica "chopper" GTD, permiten mantener por primera vez el gran confort y la gran capacidad de los autobuses Diesel, aunque el vehículo, como ocurre en el duobús, lleve instalados dos grupos propulsores, cada uno de ellos capaz de entregar por sí solo la potencia total necesaria.

Con el propósito de reducir costos, se ha creado toda una familia de vehículos, equipados con los mismos motores eléctricos:

- O 405 GTD Autobús estándar articulado, de impulsión dual (duobús)
- O 405 GT Trolebús estándar articulado
- O 405 T Trolebús estándar

Estos vehículos están pensados para la implantación de la impulsión eléctrica y la ampliación de la red. Todos ellos llevan incorporado un detalle que es nuevo en los autobuses eléctricos: pueden funcionar a discreción con un motor Diesel independiente, disponible en varias potencias. Esto los independiza de fallos eléctricos. La red se puede ampliar por etapas.

Ya no es el pasajero quien tiene que cambiar de medio – la técnica del vehículo lo hace por él.

El vehículo de gran capacidad, apropiado para la formación de trenes, se equipará de ahora en adelante con los mismos motores eléctricos.

Para más información sobre nuestros vehículos de impulsión eléctrica, véase nuestro folleto "Autobuses urbanos de propulsión eléctrica".



O-Bahn Adelaida.

En Adelaida, capital del Sur de Australia, los concejales se percataron de las ventajas del sistema O-Bahn y revocaron su decisión de comunicar los barrios periféricos del noreste con el centro de la ciudad por medio de un ferrocarril urbano.

Se empezó por construir un tramo de autobuses guiados por carril, susceptible de ser ampliado, en caso de crecimiento del número de viajeros, para convertirse en sistema O-Bahn con servicio de trenes. De momento, sin embargo, bastan los autobuses articulados.

En el caso de Adelaida, el O-Bahn ofrece, frente al ferrocarril urbano, las siguientes ventajas:

- El coste de inversión supone sólo el 60 % del coste presupuestado para la construcción de un ferrocarril.

- Un número considerablemente mayor de pasajeros puede viajar desde la extensa zona residencial a su punto de destino en el centro de la ciudad, sin necesidad de transbordo. Los autobuses, que en caso de construir el ferrocarril urbano sólo hubiesen tenido una función de enlace, realizan sin dificultad ni demora el cambio de la vía pública al carril propio y viceversa. Por tanto, el pasajero no tiene que abandonar su asiento hasta llegar a su destino.

- El tiempo de viaje se acorta sensiblemente. En el carril del O-Bahn, los autobuses pueden circular a hasta 100 km/h, logrando así tiempos de viaje incluso mejores que los coches particulares.

Al haberse concentrado en el trazado del O-Bahn 11 líneas de autobús, resulta una alta frecuencia de paso de vehículos. Ello atrae

viajeros de una amplia periferia, según demuestra el alto índice de ocupación de los aparcamientos "Park and Ride", que se han creado en las estaciones.

- El alto rendimiento de 60 y más vehículos por hora que circulan en cada sentido se consigue con simple coordinación visual.

- Desde la puesta en marcha en marzo de 1986 se registró un incremento del número de viajeros que rebasa en aprox. un. 40 % la cifra optimista pronosticada en un principio, y la tendencia es ascendente.

En Adelaida se hace patente que un mayor atractivo motiva a la población para hacer uso del servicio urbano de transporte de viajeros y que no tiene por qué resultar caro.



Trayectos de conducción por carril

● O-Bahn en Essen.

Essen (RFA) hizo frente al creciente desafío del tráfico de vehículos particulares. Con las siguientes medidas consiguió hacer más atractivo el servicio urbano de transporte de viajeros:

1980

Primer servicio regular de autobuses guiados por carril, con 24 vehículos de Daimler-Benz, en un trayecto de 1,3 km.

1983

Primer trayecto de servicio mixto de autobuses y tranvías. Después de comprobar que este servicio mixto no crea problemas, el servicio de tranvías se suspendió, y en ese trayecto ya sólo circulan autobuses guiados por carril.

1987

En la franja intermedia de la autovía A 430 se construyó un tramo para autobuses de carril, de 4 km de longitud. Comunica el barrio periférico de Kray con el centro. Desde entonces, los pasajeros disfrutan de un viaje rápido, sin obstáculos, desde Kray al centro de la ciudad, pasando de largo los embotellamientos, ya usuales en esta autovía de gran densidad de tráfico. Para mejorar la calidad del aire, en el barrio de Kray, los vehículos hacen uso de la impulsión eléctrica.

1988

Desde septiembre, los autobuses de carril están integrados en el servicio mixto y circulan, con un nivel de seguridad igualmente elevado, por el túnel del ferrocarril urbano, por debajo del centro de Essen, evitando así

el intenso tráfico de éste. Los pasajeros llegan en menos tiempo aún más cerca de su destino, sin necesidad de transbordos. Puesto que en el túnel los autobuses usan la propulsión eléctrica, en esta línea funcionan actualmente 18 duobuses. El elevado coste de inversión para el túnel del ferrocarril urbano se aprovecha mucho mejor gracias a esta línea adicional de autobuses de carril. En Essen funcionan en total 60 vehículos guiados por carril. En las zonas de mayor densidad de tráfico se han terminado diversos tramos, que suman un total de 6,5 km y demuestran a diario cuán alto beneficio se puede conseguir con poco gasto – gracias a la técnica de autobuses guiados por carriles. También en otras zonas se proyecta separar el autobús del tráfico, cada vez menos fluido, por la vía pública.





El O-Bahn®

Un sistema para solucionar los problemas de transporte público de cercanías en países industriales y en vías de desarrollo.

Su socio de cooperación para estas soluciones en el transporte de cercanías:

Mercedes-Benz AG
Produktbereich Omnibus
Hanns-Martin-Schleyer-Str.
D-6800 Mannheim

Ed. Züblin AG
Postfach 2985
D-7000 Stuttgart 1

El sistema de prospectos Mercedes-Benz para autobuses consta de varios elementos.

Si, para una decisión de compra, necesita Ud. más material informativo, diríjase a su vendedor de autobuses Mercedes-Benz.

Nos reservamos el derecho de introducir modificaciones. Las indicaciones en el presente prospecto deben considerarse como aproximadas. Las ilustraciones pueden contener también equipos especiales que no forman parte del volumen de suministro de serie.



MERCEDES-BENZ

PLANOS

PLANOS

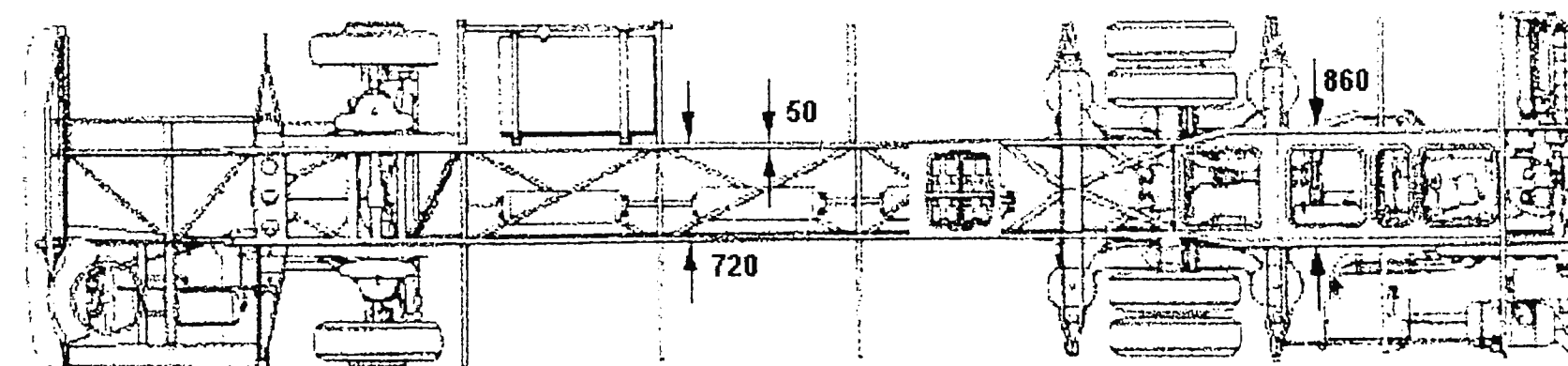
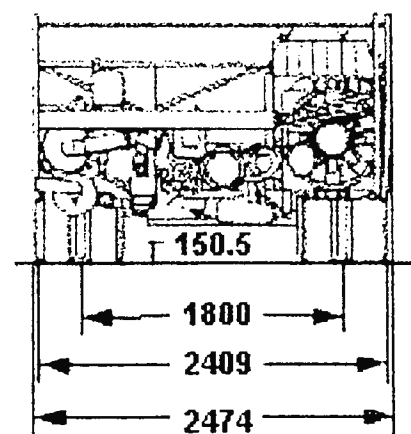
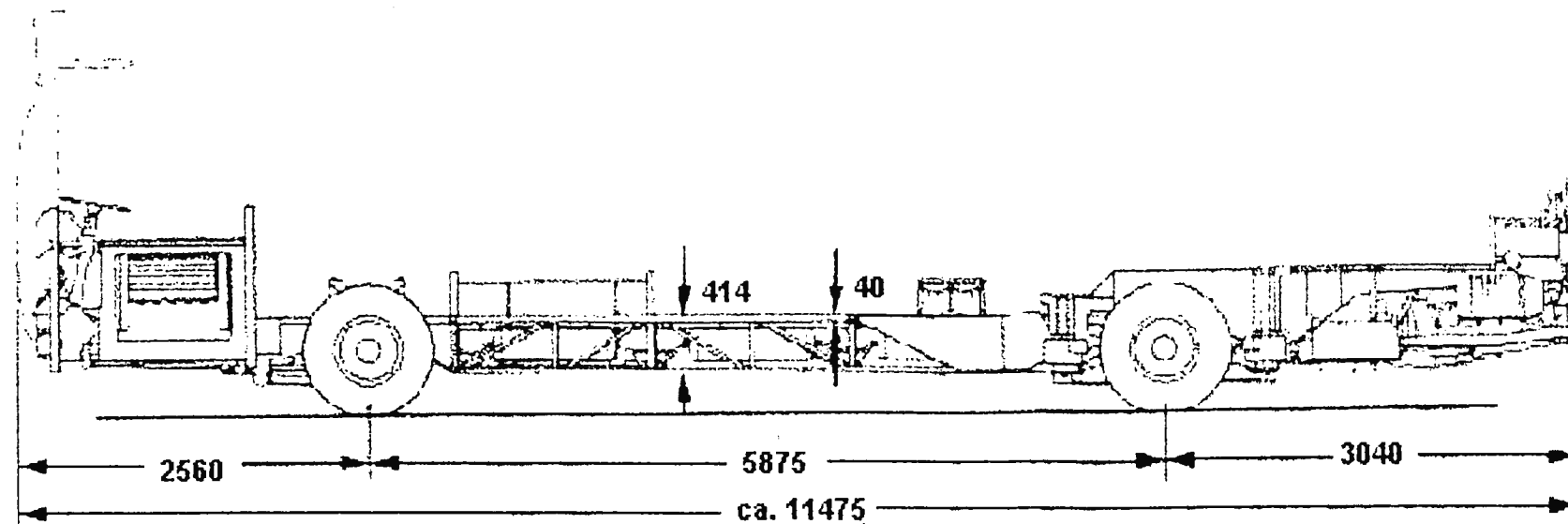
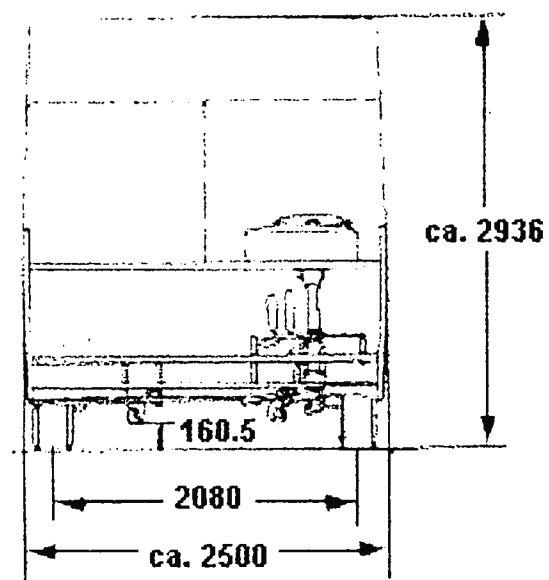
ÍNDICE PLANOS

Plano nº 1: Dimensiones exteriores del autuobús.

Plano nº 2: Disposición de asientos y número de plazas disponible

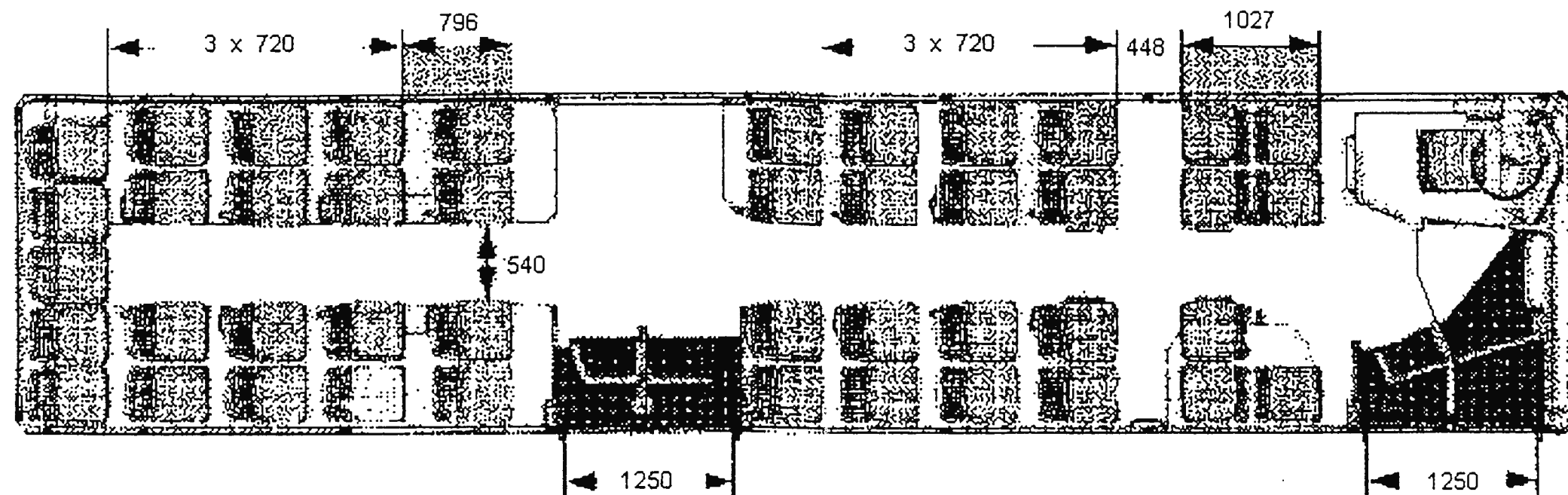
Plano nº 3: Ubicación de los principales componentes.

Plano nº 4: Diagrama de bloques del autobús.



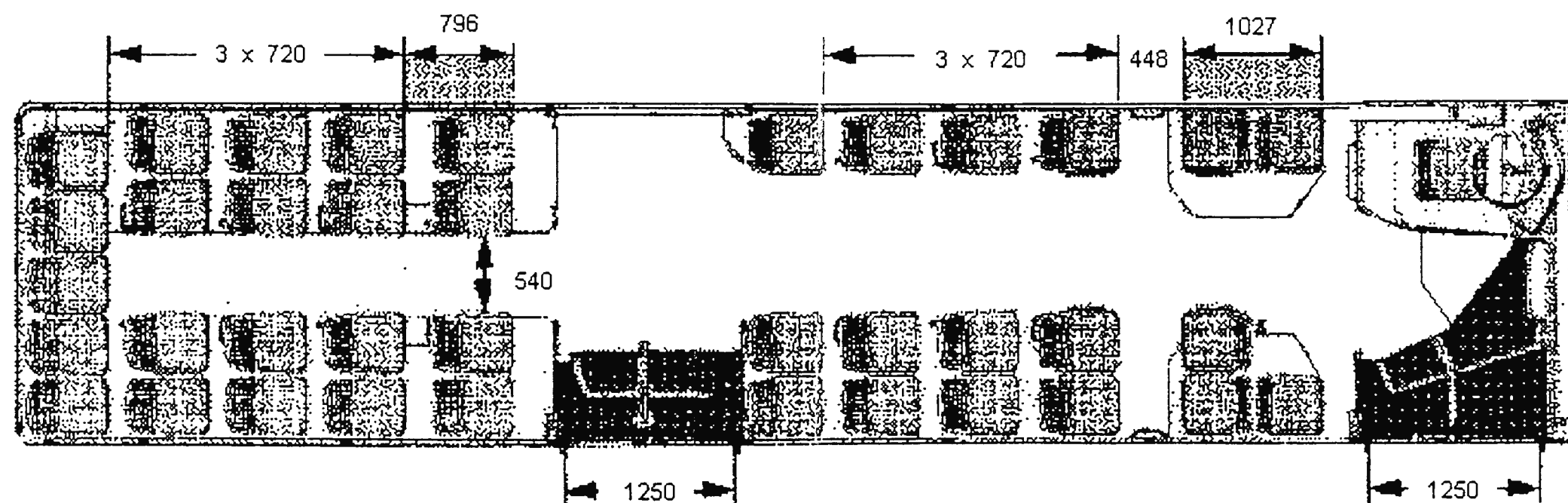
Diámetro $\varnothing$ 21,23 m
de giro

	Fecha	Nombre	Firmas	ICAI
Dibuj.	Mayo-98	L. González Murias		
Comp.	Mayo-98	L. González Murias		
Dimensiones exteriores del autobús			Número 1	



Cabida de pasajeros según normas ECE (68 kg. 0.125 m² por persona):

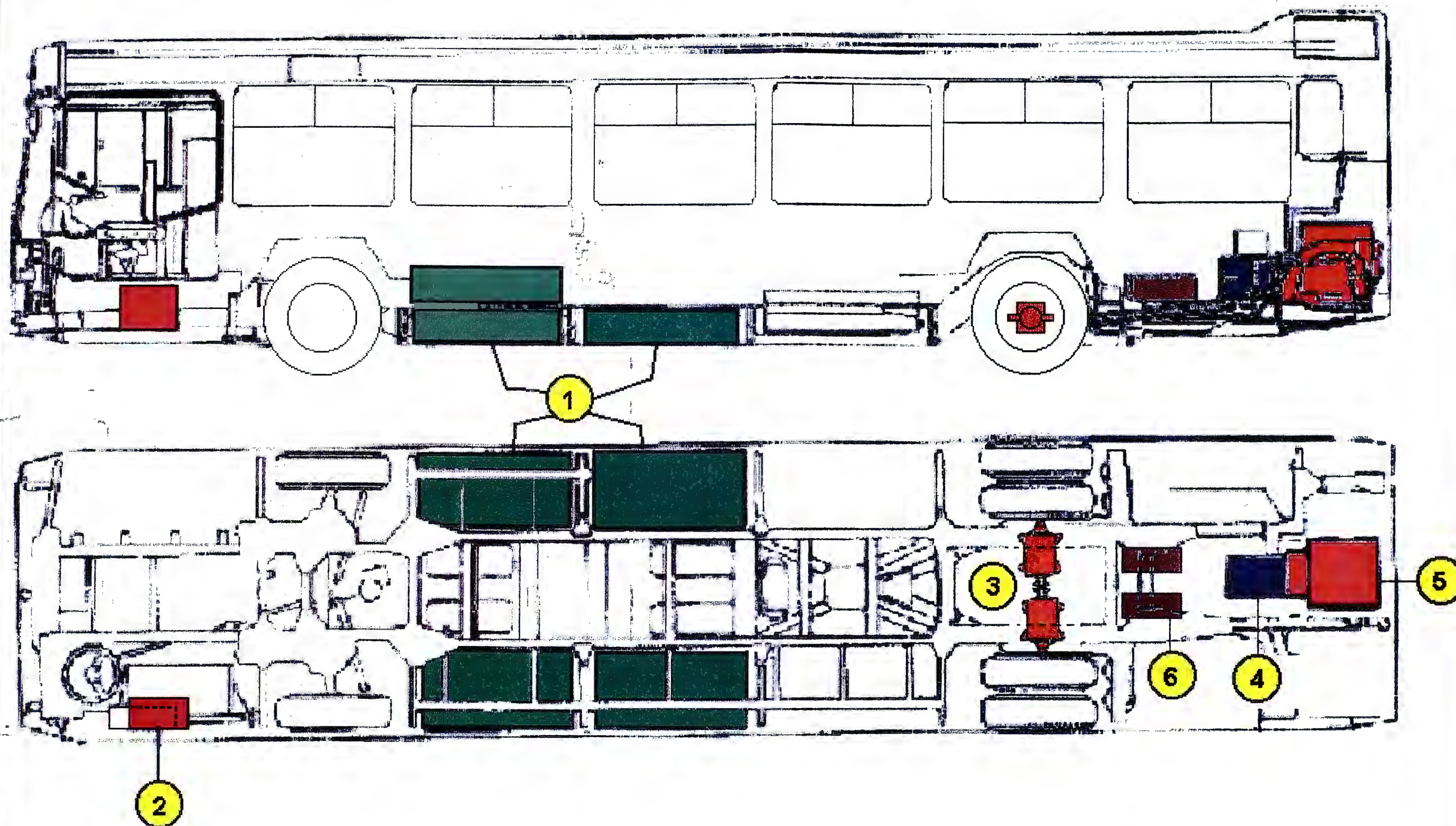
44 asientos
54 plazas de pie
98 personas en total



Cabida de pasajeros según normas ECE (68 kg. 0.125 m² por persona):

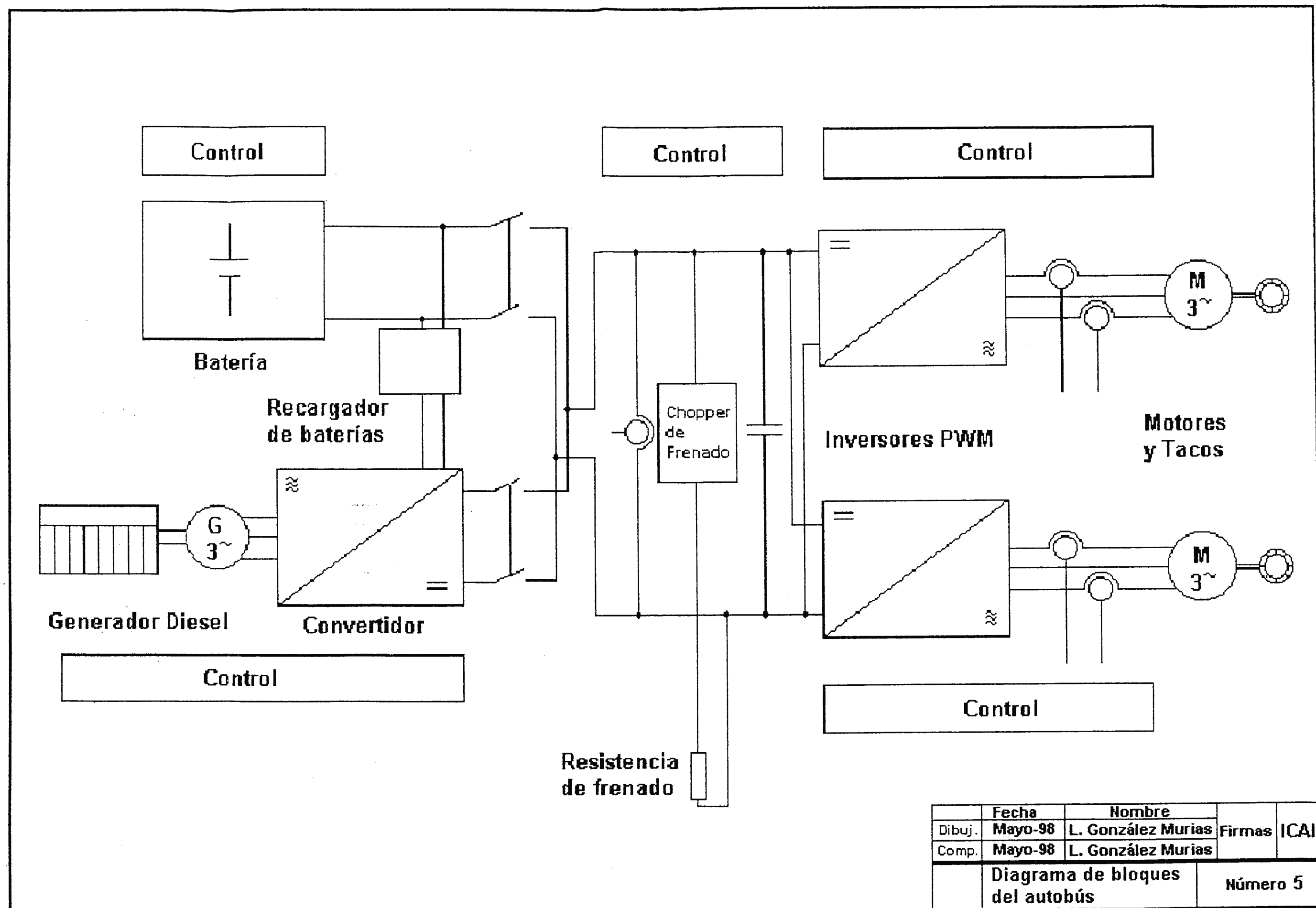
38 asientos
68 plazas de pie
106 plazas en total

	Fecha	Nombre	Firmas	ICAI
Dibuj.	Mayo-98	L. González Murias		
Comp.	Mayo-98	L. González Murias		
Disposición de asientos y nº de plazas disponibles			Número 2	



- 1.- Baterías
- 2.- Unidad de control electrónico
- 3.- Motor eléctrico
- 4.- Genrador
- 5.- Motor de combustión interna
- 6.- Inversores

	Fecha	Nombre	Firmas	ICAI
Dibuj.	Mayo-98	L. González Murias		
Comp.	Mayo-98	L. González Murias		
Ubicación de los principales componentes			Número 3	



	Fecha	Nombre	Firmas	ICAI
Dibuj.	Mayo-98	L. González Murias		
Comp.	Mayo-98	L. González Murias		
Diagrama de bloques del autobús			Número 5	

PLIEGO DE CONDICIONES

PLIEGO DE CONDICIONES

PLIEGO DE CONDICIONES

RUEDAS Y NEUMÁTICOS.

Ruedas de disco de 10 orificios, con centrado por tuercas de asiento esférico.

Neumáticos 11/70 R-22,5 sin cámara.

FRENOS

Freno de servicio. neumático de dos circuitos, con reajuste automático de las zapatas. Tuberías de aire comprimido de material inoxidable. Forros de freno sin amianto.

Freno de estacionamiento: Por acumuladores de fuerza hidráulica, sin varillaje; válvula de mando en la parte izquierda del tablero de instrumento; dispositivo desbloqueador de emergencia para los acumuladores, de accionamiento electroneumático; interruptor junto al puesto del conductor.

Freno de paradas: De accionamiento electroneumático separado. A deseo, acoplamiento con la puerta.

DIRECCIÓN

Servodirección; bomba hidráulica de accionamiento mecánico; diámetro del volante 550 mm. A deseo, árbol de la dirección ajustable en altura e inclinación.

DEPÓSITO DE ACEITE PARA LA CALEFACCIÓN

42 litros de capacidad. Situado delante del depósito de combustible, a la derecha.

COMPRESOR DE AIRE

De un cilindro, con lubricación automática por aceite y refrigerado por agua. Instalación de aire comprimido, con válvula de purga automática de agua en el colector de humedad. A deseo secador de aire.

PLATAFORMA PORTANTE Y SUPERESTRUCTURA

El armazón del autobús es de ejecución autoportante, totalmente de acero. El armazón de la superestructura y la plataforma portante están soldados entre sí formando una unidad.

Plataforma portante: La infraestructura consiste en un bastidor de rejilla, de ejecución autoportante. Los largueros y tubos cuadrados, reforzados por diagonales y almas verticales, están protegidos contra la corrosión. Parachoques de tres piezas, de plástico.

Superestructura: Armazón de tubos de acero cuadrados sumamente resistentes.

Revestimiento: Grosor de chapas, de 1 a 1.25 mm. Revestimiento de las paredes laterales de chapa galvanizada en banda, así como para parte delantera, trasera y central del techo. Las chapas de los bordes del techo están imprimidas con polvo de zinc aplicado en banda.

Cristales: Parabrisas abovedado de dos piezas, de cristal compuesto y con marco de goma. Ventanas laterales y trasera, de vidrio de seguridad de una sola capa y encolados con la carrocería. En el lado del conductor, cristal de ventana corredizo, con parte delantera calefaccionable.

Puertas: En la parte delantera y entre los ejes, sendas puertas de dos batientes oscilantes hacia el interior intercambiables y de medida interior: 1250 mm, aproximadamente. Ventanillas en las puertas, muy prolongadas hacia abajo. Todos la batientes están provistos de asideros. Bloque desde el exterior mediante llave hueca cuadrada. Sistema de seguridad en las puertas. Su accionamiento es

electroneumático. Accesos de tres escalones. Las superficies de los peldaños son de chapa estriada de aluminio, y éstos tienen bordes redondeados.

EQUIPO INTERIOR

Revestimiento interior: Paredes laterales y techo, de tableros de fibra prensada o plástico. Techo interior con perforaciones o aislamiento.

Asientos: Individuales tipo cubeta, de material plástico, sobre armazón de doble tubo, fijación por el pie y, en las paredes, mediante garras. Del lado del pasillo, alternadamente, asideros en las esquinas de los respaldos y barras de sujeción verticales. Ejecución básica con acolchado delgado y de protección en el borde superior de los respaldos. Como extra opcional, acolchado grueso o sin acolchado.

Asiento del conductor: Ajustable en altura y longitudinalmente, con suspensión y amortiguación hidráulica (de ajuste progresivo). Cojín de asiento y tapizado de felpa de Dralon.

ASIDEROS Y PASAMANOS

En cada entrada una barra de sujeción en forma de horquilla; en el lado trasero de cada puerta, una pared de protección con un cristal en la parte superior. En la puerta

central delante, una barra vertical de sujeción con cristal en la parte superior. Asideros en todos los batientes de la puerta. En la plataforma para los pasajeros de pie, barra horizontal de protección de la ventana y transversal acolchada, unida esta a la barra vertical delante del asiento doble. Pasamanos en el techo, interrumpidos en la zona de las puertas a la derecha. 14 barras verticales de sujeción unen con el techo el respaldo de aproximadamente uno de cada dos asientos.

ESPEJOS RETROVISORES

En el interior, espejos empotrados en la tapa de la parte delantera. En el lado del conductor, un espejo rectangular de material convexo (de 200 x 400 mm.); a la derecha un espejo redondo convexo (200 mm. de diámetro). En el exterior, dos espejos convexos rectangulares, orientables y de quita y pon.

INDICADOR AUTOMÁTICO DE DESTINO Y DEL NÚMERO DE LÍNEA.

Parte delantera y lado derecho: indicación del destino y número de línea. Lado izquierdo y zaga: indicación del número de línea. Instalación de señal de parada: letrero transparente iluminado, señal visual y acústica para el conductor, en el tablero, y 12 botones en las barras verticales del compartimento de pasajeros, así como un pulsador situado junto a la cabina del conductor.

ALUMBRADO DEL COMPARTIMENTO DE LOS PASAJEROS

Cuatro luces transistorizadas con cristal de dispersión amplia, dispuestas a lo largo del techo en el centro, con sendas lámparas fluorescentes blancas Universal de 30 W.

INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Tensión nominal de 24 voltios. Dispositivos eléctricos, reunidos en el compartimento eléctrico a la izquierda del conductor. Cortacircuitos automático en el compartimento eléctrico junto al conductor. Distinción de los cables por colores y números (estampados).

UNIDAD DE LUCES DELANTERAS

Luces de carretera y cruce, con bombillas A 24 V 55/50 W. Faros antiniebla con bombilla YC G 24 V 70 W (de halógeno). Luces intermitentes delanteras con bombillas 24 V 21 . Dos luces de delimitación en la parte frontal exterior del techo.

UNIDAD DE LUCES TRASERAS

A derecha e izquierda, sendas luces rectangulares empotradas de 3 cámaras, con luz intermitente, piloto y de freno, con bombillas 24 V 21 W, G 24 V 21W y RL 24 V 21 W, DIN 72 601. Dos luces para autobús escolar y dos de delimitación, en la parte superior de la zaga.

LUZ DE MARCHA ATRÁS

A la derecha, un faro de marcha atrás, con cristal blanco y bombilla P 25-1 24 V 21 W, DIN 72 601.

LUCES INTERMITENTES Y DE ADVERTENCIA

Impulsor electrónico de intermitencia; interruptor de grupos situado en la columna de dirección.

BOCINA

Supersonante, de 375 Hz, con pulsador de tecla, en la columna de dirección.

CALEFACCIÓN Y VENTILACIÓN

El compartimento de pasajeros se calefacciona mediante un calefactor en la parte delantera y tres en el piso con regulación termostática; un aparato de precalentamiento del líquido refrigerante, que sirve también de calefactor. Todos los calefactores están provistos de intercambiadores de calor de fácil mantenimiento.

Ventilación: Desconectándolo del circuito de agua caliente, el calefactor en la parte delantera se puede utilizar para ventilación. En el techo, dos tapas levadizas (sin cristales) para entrada y salida de aire, dos ventiladores eléctricos y una abertura para salida de aire viciado.

DIMENSIONES EXTERIORES

Largo: 11475 mm.

Ancho: 2500 mm (delante) - 2474 mm. (detrás)

Distanci entre ejes: 5875 mm.

Altura: 2936 mm.

Círculo de viraje: 21.23 m.

CAPACIDAD DE PASAJEROS

Según normas ECE (68 kg. 0.125 m² por persona).

Dos posibilidades:

- 44 asientos + 54 plazas de pie. Total 98 personas.
- 38 asientos + 68 plazas de pie. Total 106 personas.

MOTORES ELÉCTRICOS

2, con tensión nominal de 480 V, potencia unitaria nominal de 90 kW. Par nominal 572.5 Nm. Velocidad Nominal 1500 r.p.m.

ALTERNADOR

Potencia nominal: 160 kW a 1900 r.p.m. Tensión nominal 480 V.

MOTOR DIESEL

Potencia nominal 160 kW. Regimen de velocidad constante: 1900 r.p.m.

BATERÍAS

Peso: 1050 kg.

Energía total: 26712 Wh.

Potencia: 45 kW.

Capacidad: 53 Ah.

Tensión nominal: 500 V.

PRESTACIONES

Velocidad máxima estimada: 64 km/h.

Velocidad máxima en un pte. del 20%: 16 km/h

PESO TOTAL DEL CONJUNTO

12 600 kg.

PRESUPUESTO

PRESUPUESTO

1.- Presupuesto.

Elemento	Precio Unitario	Número Total	Precio Total
Chasis de 12 metros	14.000.000	1	14.000.000
Carrocería, totalmente equipada	12.000.000	1	12.000.000
Motores de 90 kW	950.000	2	1.900.000
Convertidores y sistema de control	1.600.000	2	3.200.000
Generador 160 kW	1.000.000	1	1.000.000
Baterías 45 kW	600.00	1	600.000

El precio final es de 32.700.000 pesetas.

TREINTA Y DOS MILLONES SETECIENTAS MIL PESETAS.

