

LA TECNOLOGÍA Y EL MEDIOAMBIENTE COMO ESTRATEGIAS COMPETITIVAS DE UNA EMPRESA DE TRANSPORTE URBANO

Arturo Manuel Martínez Ginestal, arturo.martinez@emtmadrid.es, EMT Madrid

José Angel Rivero Menéndez, joseangel.rivero@urjc.es, Universidad Rey Juan Carlos

RESUMEN

Con carácter general el objetivo prioritario de los transportistas es ampliar cuota de mercado optimizando costes y ofertando un servicio de altas prestaciones.

En el presente el autobús ha dejado de ser el activo clave de diferenciación, adquiriendo preponderancia, en consecuencia con los nuevos requerimientos de los clientes, otras variables tales como la tecnología y el medioambiente.

En lo que respecta a la tecnología, los sistemas ITS que engloban a actividades típicas relacionadas con hardware, software y comunicaciones permiten, una vez integradas en todo el proceso productivo, proporcionar el servicio que demanda el cliente directo basado en una información instantánea y personalizada en cualquier lugar y momento y con cualquier equipamiento electrónico fijo o móvil.

Con referencia al medioambiente, no nos ceñimos tan solo al cliente directo sino también a los usuarios potenciales y, en general, a toda la ciudadanía.

Teniendo en cuenta los problemas de contaminación en las grandes ciudades, los sistemas de propulsión alternativos al gasoil adquieren una relevancia significativa, sobresaliendo entre todos ellos el gas natural como alternativa viable técnica y económica.

Por consiguiente tecnología y medioambiente son los factores que determinan hoy día, la calidad del producto ofertado por las empresas de transporte que tendrán que interiorizar estos aspectos si quieren sobrevivir en el mercado actual del transporte urbano.

PALABRAS CLAVE

Tecnología, medioambiente, estrategia competitiva, transporte urbano

ABSTRACT

In general the main objective of the transport companies is to expand market share by optimizing costs and offering a high quality service.

Currently the bus itself is not anymore the key asset of differentiation, gaining dominance, consistent with the new requirements of customers, other variables such as onboard technologies and the environment.

With regard to technology, ITS systems encompassing typical activities related to hardware, software and communications make possible, once integrated into the entire production

process, to provide the service that the customer demands, based on a direct and personalized instantaneous information any time and place and by means of any fixed or mobile electronic equipment.

With reference to the environment, we won't refer just to the direct customers but also to potential users, and in general to all citizens.

Taking into account the pollution problems in large cities, propulsion systems alternative to diesel acquire a significant relevance, standing among them natural gas as a technically and economically viable alternative.

Therefore technology and environment are factors that determine today, the quality level offered by transport companies that will have to internalize these issues if they are to survive in today's urban transport market.

KEY WORDS

Technology, environment, competitive strategy, urban transport

1. LA TECNOLOGÍA

A lo largo de los dos últimos siglos y particularmente durante los últimos 50 años, todos los ofertantes de bienes y servicios han tenido claro que la supervivencia en un mercado competitivo se basa en la diferenciación de productos con una adecuada relación calidad/precio.

Ciñéndonos al transporte colectivo urbano, hasta ahora, el activo clave de diferenciación ha sido el autobús. En el presente, el vehículo ha perdido tal relevancia y puede considerarse como una “*utility*” más ya que la inmensa mayoría de fabricantes proporcionan autobuses, que podríamos definir como convencionales, de gasoil de reducidos niveles de emisiones, de piso bajo con sistema de arrodillamiento lateral, aire acondicionado ecológico, etc. En este contexto las variables significativas se modifican y adquieren preponderancia los nuevos requerimientos de valoración de los clientes.

Con carácter general el objetivo prioritario de los transportistas sería ampliar cuotas de mercado optimizando los costes del sistema a través de ofertar un servicio de altas prestaciones a los clientes directos, a los usuarios potenciales y en general a todos los ciudadanos, siendo los medios principales para conseguirlos: La utilización intensiva de tecnologías TIC y el empleo de Sistemas de Tracción limpios y eficientes

Centrándonos en la aplicación intensiva de tecnologías TIC, los objetivos serían el incrementar la calidad del servicio ofertado a los clientes directos y para ello

justamente, deberíamos optimizar la gestión operativa de la flota con carácter instantáneo y facilitar información dinámica en tiempo real al cliente externo e interno

Antes de analizar las variables preponderantes, deberíamos señalar que los principales sistemas basados en tecnologías TIC aplicadas al transporte urbano que optimizan y mejoran su eficacia, son, entre otros, los siguientes:

- Planificación Automática de Generación de Cuadros de Servicio y Nombramiento de conductores y autobuses
- Sistemas de Ayuda a la Explotación (SAE) y Tecnologías de Expendición y Cancelación de Títulos de Transporte
- Métodos Integrales de Gestión de Flotas: e-bus
- Sistemas Avanzados de Información al Cliente *“on line”*

Dada la magnitud del desarrollo de estos conceptos analizaremos en profundidad los denominados métodos de Gestión de Flota comenzando por los Sistemas de Ayuda a la Explotación (SAE) por ser el origen de los mismos. Estos Sistemas, en explotación desde principios de los 90, se basan en:

- Comunicación bidireccional voz y datos entre PCC y autobuses
- Algoritmos de regulación avanzados y parametrizables
- Localización automática y continua (nivel de línea y autobús)
- Paneles de Información al Usuario en Paradas e interior de Autobuses
- Integración con expedición y cancelación de Títulos de Transporte

Es decir, son Sistemas que a través de la localización continua, instantánea y automática de un parque de autobuses, permite su control, regulación y explotación.

Es decir, proporciona los medios para conocer, regular y gestionar en tiempo real la operatividad de la red de transporte y los recursos disponibles asociados a la misma, sin ningún tipo de restricción en cuanto a la limitación de horas, funcionando las 24 horas sin necesidad de detener ningún proceso de gestión tanto en lo referente a la asignación de servicios para fechas posteriores como a la generación de datos estadísticos.

Su esquema general de funcionamiento, es el siguiente:

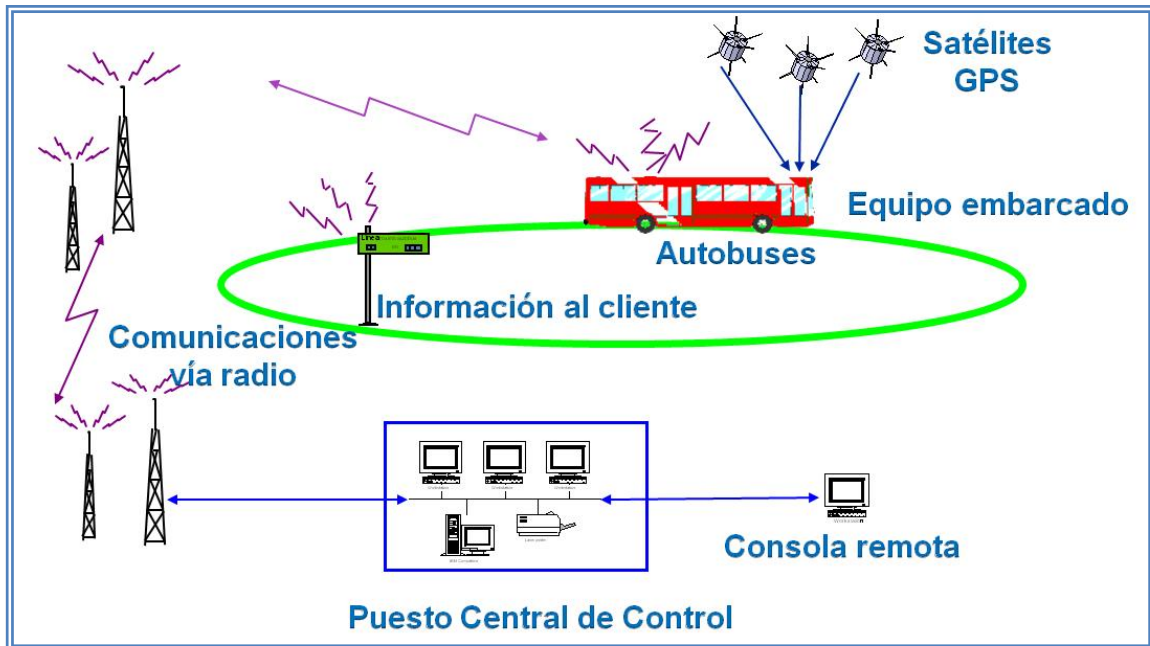


Figura 1: Esquema de Funcionamiento

Con la siguiente arquitectura básica:

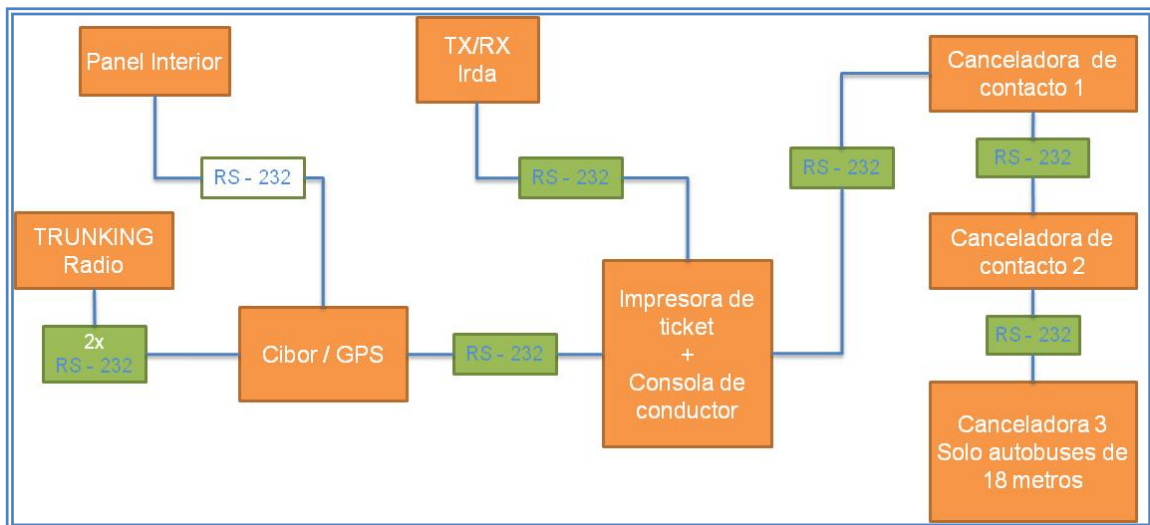


Figura 2: Arquitectura embarcada

El aplicativo desarrollado posibilita la regulación por horario, dedicada a mantener el horario programado y/o por intervalo (a nivel de línea o de autobús individual), destinada a modificar el tiempo programado manteniendo las frecuencias y los intervalos de tal forma que la posición óptima de un autobús deberá ser equidistante entre el anterior y el posterior

Para que estas funciones puedan llevarse a cabo, es necesario disponer del siguiente equipamiento embarcado:

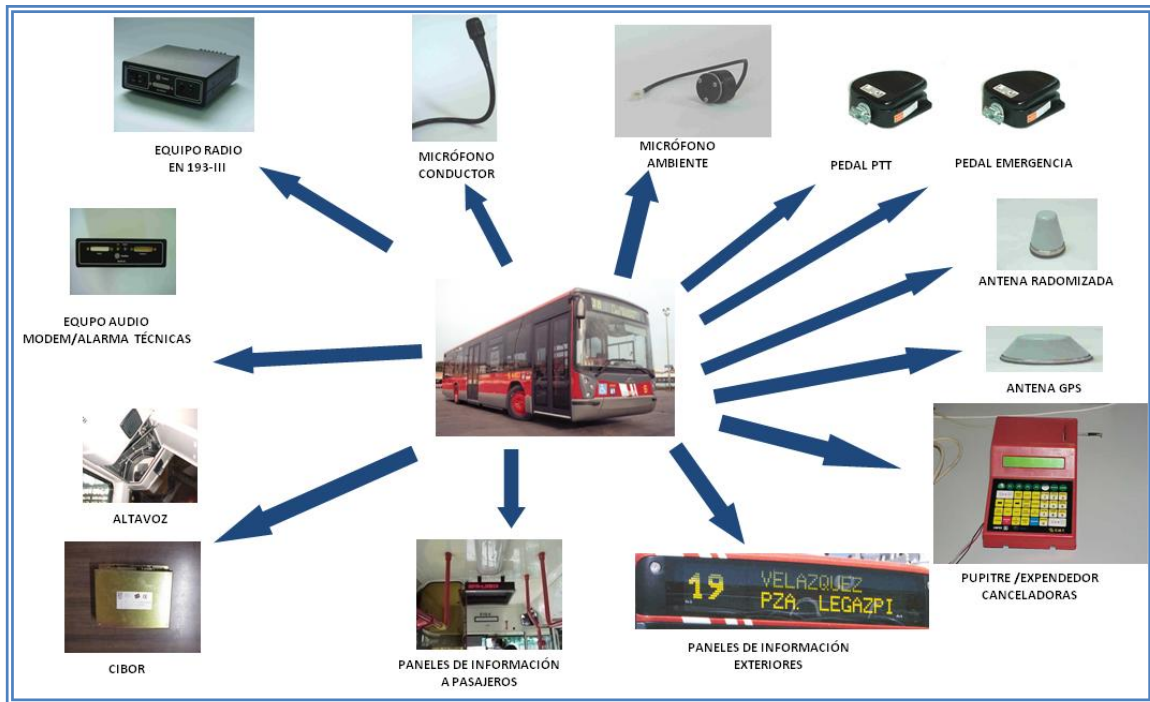


Figura 3: Equipamiento embarcado

Si bien los SAE fueron el punto de partida de los sistemas de Gestión de Flota, el proyecto e-bus constituye un salto cualitativo y cuantitativo en las tecnologías TIC aplicadas al transporte y se convierte en un referente mundial.

Este innovador concepto surge de la necesidad de implantar un nuevo sistema de billeteaje sin contacto basado en tarjetas inteligentes. A este respecto, se ha diseñado una solución para la arquitectura embarcada de los vehículos, que adicionalmente sobrepasa a las tecnologías actuales, constituyendo al autobús como una estación más de trabajo dentro de la red corporativa de la empresa: surge así el concepto, desarrollado por EMT, denominado e-bus ó autobús en red ó autobús inteligente.

Las características principales de este Sistema son:

- Sistema de Control Unificado.
- Utilización de protocolos abiertos.
- Escalabilidad Hardware (Solución P.C.) y Software (LINUX).
- Integración total de equipos, funcionalidades y servicios.
- Independencia tecnológica (EMT es propietaria del sistema y es capaz de operarlo, mantenerlo y evolucionarlo)
- Mantenibilidad Integrada de Sistemas.

- Software abierto y transferencia tecnológica

Definiéndose para ello la siguiente arquitectura:

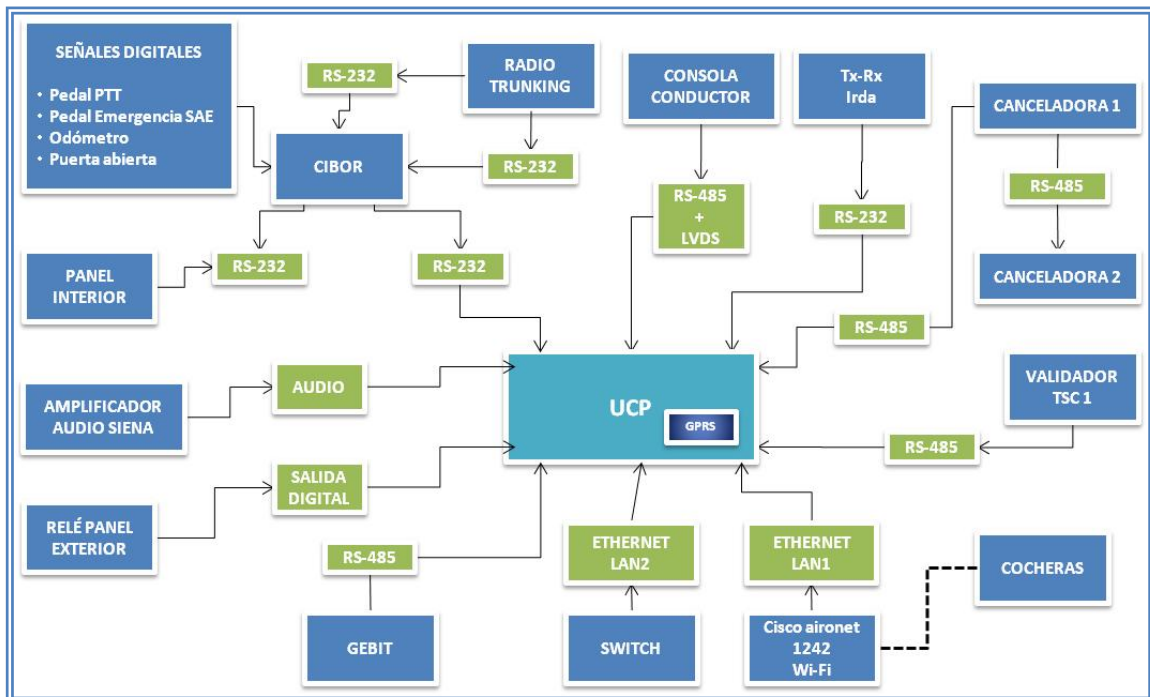


Figura 4: Arquitectura embarcada

y disponiéndose del siguiente equipamiento principal embarcado:

- Unidad Central de Proceso
- Consola de Conductor
- Gestor energético
- Equipamiento Wi-Fi
- Validador con tecnología sin contacto
- Redes Ethernet



El concepto e-bus, de gran flexibilidad y escalabilidad, permite incorporar, además de todas las funciones citadas anteriormente, las siguientes:

- Video vigilancia.
- Acceso a Internet desde el interior del autobús.
- TDT dentro del autobús.

- Sistemas integrales de información al cliente (TIP's)
- Información oral por síntesis de voz en paradas para personas de visibilidad reducida.
- Funciones adicionales de carácter operativo al conductor (sinópticos de línea, incidencias, etc.).
- Comunicaciones avanzadas con el cliente a través de Página Web.

Si bien todas estas opciones adquieren en los momentos actuales una relevancia significativa, con los Sistemas de Información al cliente los que verdaderamente manifiestan una impronta especial.

Estos sistemas han permitido que a partir de 2004 se sustituyan los métodos de información tradicionales basados en medios humanos y soporte papel, a otros soportados por tecnologías TIC.

Estas aplicaciones engloban una serie de funcionalidades cuyos objetivos son proporcionar a los clientes el acceso a la información útil de su viaje según sus necesidades con carácter personalizado y dinámico desde cualquier dispositivo y red de comunicaciones y en cualesquiera lugar y momento.

Con respeto a la información dinámica ofrecida en paradas, pueden visualizarse los siguientes contenidos:

- Estimación continua de vehículos
- Indicación tiempo estimado de llegada y destino del autobús
- Mensajes predefinidos
- Incidencias
- Avisos
- Información de interés



Y en lo que hace referencia a la suministrada desde el domicilio particular, se puede obtener información en la Página Web sobre el Itinerario de las Diferentes Líneas y del Camino Óptimo entre Origen y destino:

- Como ir de un punto a otro.
- Recorrido de las líneas
- Tiempos de espera

Análogamente y en lo que respecta al interior de los autobuses:

- Indicación del destino
- Indicación próxima parada
- Información de desvíos
- Fecha y hora GPS
- Información acústica

La utilización intensiva de estas tecnologías no solo posibilita dar información con carácter general sino también a colectivos con diversos grados de incapacidad. A este respecto se puede dar información al viajero a través de mensajes de audio generados por un sistema de síntesis de voz basado en algoritmos SW (Información para personas de visibilidad reducida).

Y por último y como información más representativa tenemos la información dinámica con equipos móviles, es decir, en cualquier lugar y momento, mediante comunicaciones GPRS/UMTS.

Las funcionalidades principales son:

- Gráfico de una línea con la situación actual de cada vehículo.
- Consulta a la aplicación de incidencias.
- Información de tráfico obtenido de páginas WAP.
- Callejero, información de 'routing'.
- Consulta del tiempo de llegada del próximo autobús

Como ejemplos operativos en EMT de Madrid, podemos citar a:

- Gestión de alertas



Figura 5: Gestor de alertas

- Sistema de información al cliente del tiempo de espera por SMS:

El cliente envía un SMS con la línea y la parada y recibe otro con la estimación del tiempo de espera y distancia a la que se encuentra el 1er autobús y del tiempo de espera del 2º



Figura 6: Información del tiempo de espera pos SMS

El Sistema puede optimizarse a través de aplicaciones específicas que optimizan costes tales como accediendo desde el móvil a la dirección web <http://www.emtmadrid.es/j2me> se descarga un programa que permite consultar a través de GPRS/UMTS cuándo va a llegar el autobús (se disminuye significativamente el coste de la consulta)



Figura 7: Información del tiempo de espera a través de GPRS/UMTS

2. EL MEDIOAMBIENTE

Dentro de este capítulo nos ceñiremos al empleo de energías alternativas que es la otra variable estratégica de diferenciación del transporte colectivo urbano actual.

A este respecto, el objetivo prioritario sería incrementar la calidad del servicio ofertado a los clientes directos, a los usuarios potenciales y en general y este es el factor prioritario, a todos los ciudadanos.

En primer lugar hay que tener en cuenta que el transporte es el responsable de una gran parte de la contaminación atmosférica. En este sentido, diversos estudios lo cuantifican de la siguiente manera:

- Del 25% de las emisiones de CO₂.
- Del 85% de las emisiones de CO.
- Del 40% de las emisiones de otros contaminantes (NOX, HC, Partículas, etc.)

Por ello la UE editó el libro verde sobre Seguridad en el Abastecimiento Energético que se traduce en los siguientes porcentajes de utilización de energías alternativas para los próximos años:

Año	Gas Natural (%)	Biocarburantes (%)	Hidrógeno (%)	Total (%)
2005	---	2	---	2
2010	2	6	---	8
2015	5	7	2	14
2020	10	8	5	23

Figura 8: Libro verde de la UE

Ahora, ¿Cuáles son los sistemas alternativos reales en la actualidad? La respuesta a esta pregunta sería:

- En explotación comercial
 - Gas licuado del petróleo (GLP)
 - Gas natural comprimido (GNC)
 - Biocombustibles (colza, girasol, aceites usados)
 - Tracción eléctrica guiada (trenes ligeros)
 - Trolebuses
- En experiencias de mayor o menor intensidad
 - Tracción eléctrica (baterías)
 - Tracción híbrida
- En demostración precomercial
 - Hidrógeno
 - Pilas de combustible
 - Híbrido
 - Combustión Directa

Comenzando por la tracción puramente eléctrica, el ómnibus es un autobús completamente eléctrico, generalmente de reducidas dimensiones, que dispone de

baterías que alimentan un motor eléctrico. Proporciona escaso nivel sonoro con una ausencia de emisiones contaminantes. Las baterías lo dotan de una autonomía en el entorno de los 100 km para una velocidad comercial de 13-15 km/h.

Como ejemplo, podemos citar a los microbuses que operan en la EMT de Madrid:

FICHA TÉCNICA TECNOBÚS GULLIVER U520 ESP/LR	
Dimensiones: Altura total (mm) Anchura total (mm) Longitud tota (mm)	2.850 2.035 5.530
Combustible	Electricidad
Capacidad Total (Sentados/de pie)	29 (7/22)
Adaptación para personas de movilidad reducida	Piso bajo continuo Rampa 1 PMR

Figura 9: Ficha técnica Tecnobús Gulliver

Con referencia a los autobuses eléctricos que emplean hidrógeno como materia prima para producir electricidad, la pila de combustible es un dispositivo electroquímico capaz de convertir la energía química de un combustible directamente en energía eléctrica. Para ello el Hidrógeno y Oxígeno se combinan para formar agua con producción de energía eléctrica y calor. Los distintos tipos de pila vienen caracterizados por el tipo de electrolito que emplean, que a su vez condiciona la temperatura de operación.

El esquema de tracción sería el siguiente:

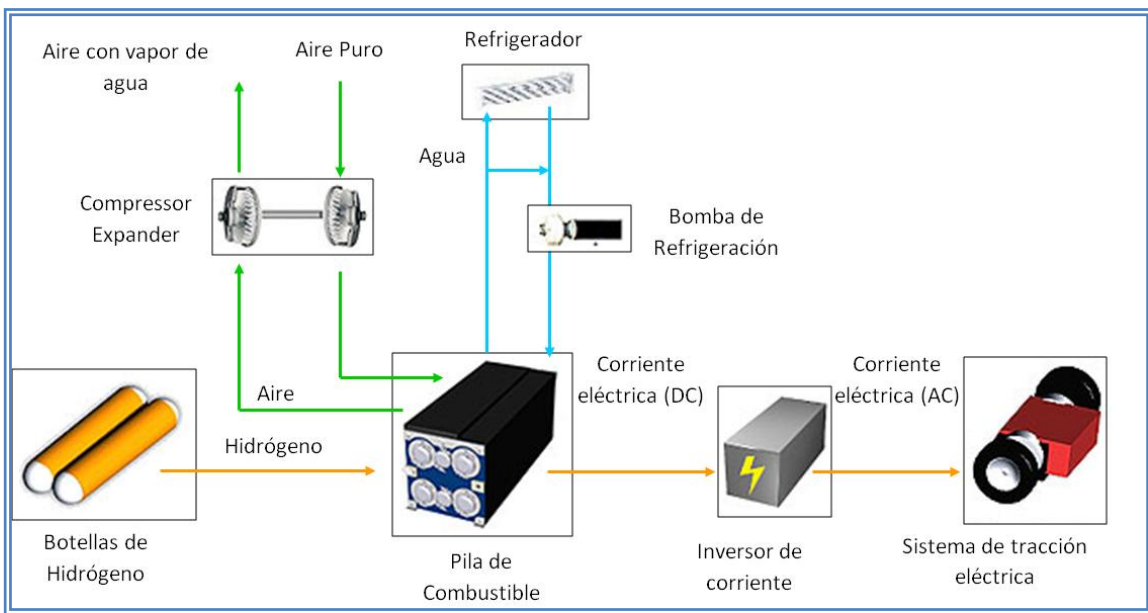


Figura 10: Esquema de tracción eléctrica

y su disposición genérica en el autobús:

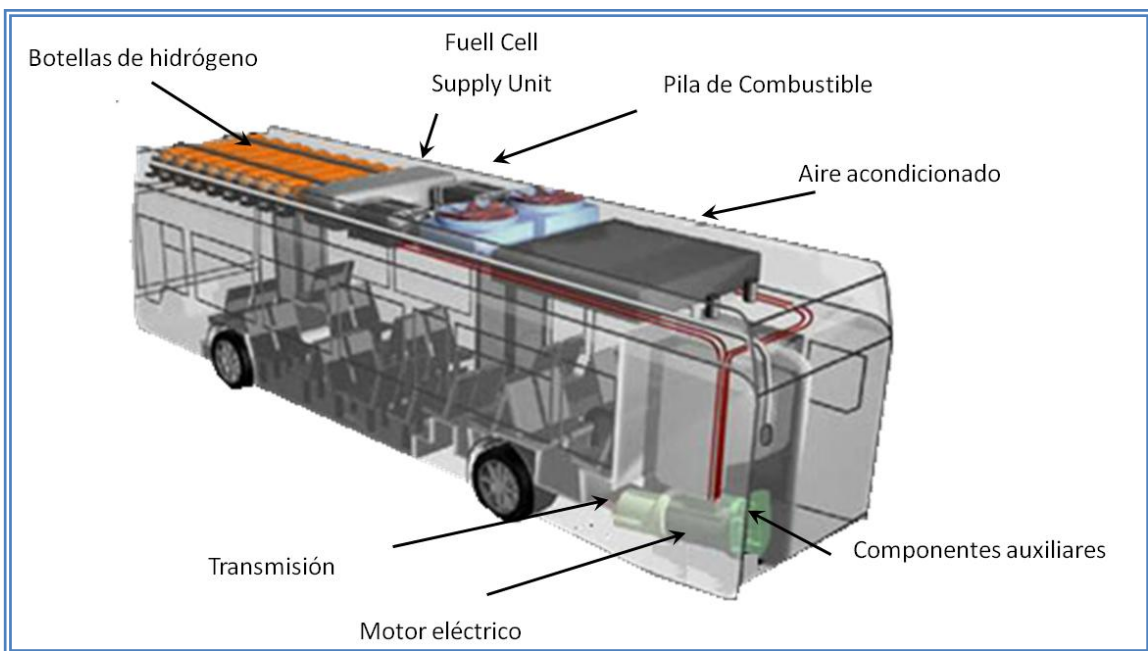


Figura 11: Layout de un autobús de hidrógeno

Un elemento fundamental en la utilización de esta técnica, lo conforman los sistemas de Producción, Compresión, Almacenamiento y Repostado de Hidrógeno.

El diseño de una estación típica de hidrógeno presentaría el siguiente esquema:

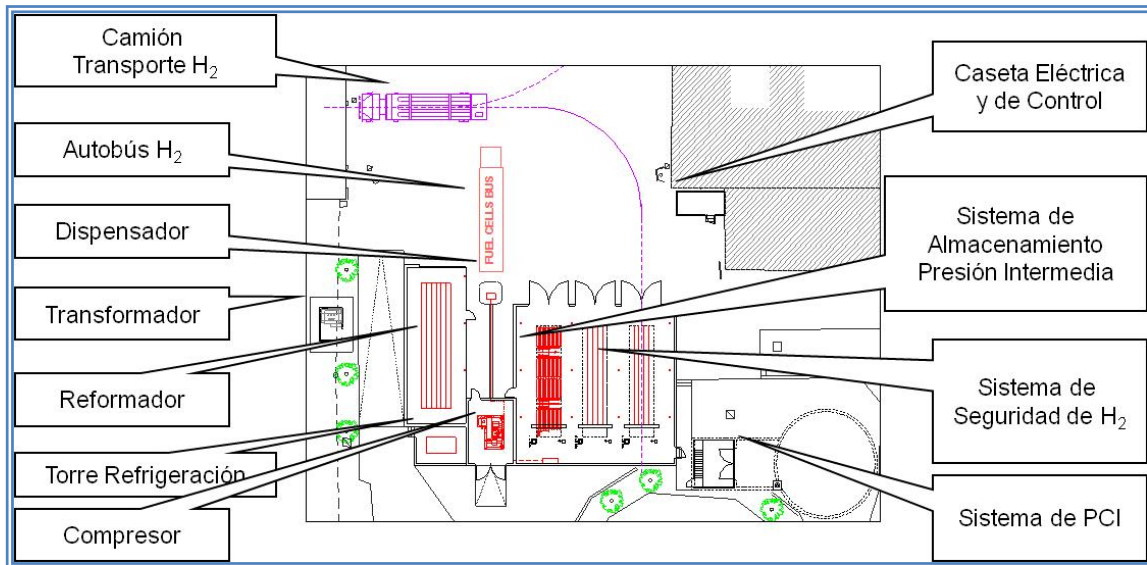


Figura 12: Descripción técnica de una estación de hidrógeno

El biodiesel se obtiene, fundamentalmente, a través de los excedentes de producción de aceites de girasol y colza. Estas materias primas transformadas en aceites no pueden usarse directamente necesitando una modificación química del aceite (triglicéridos) mediante el siguiente proceso:

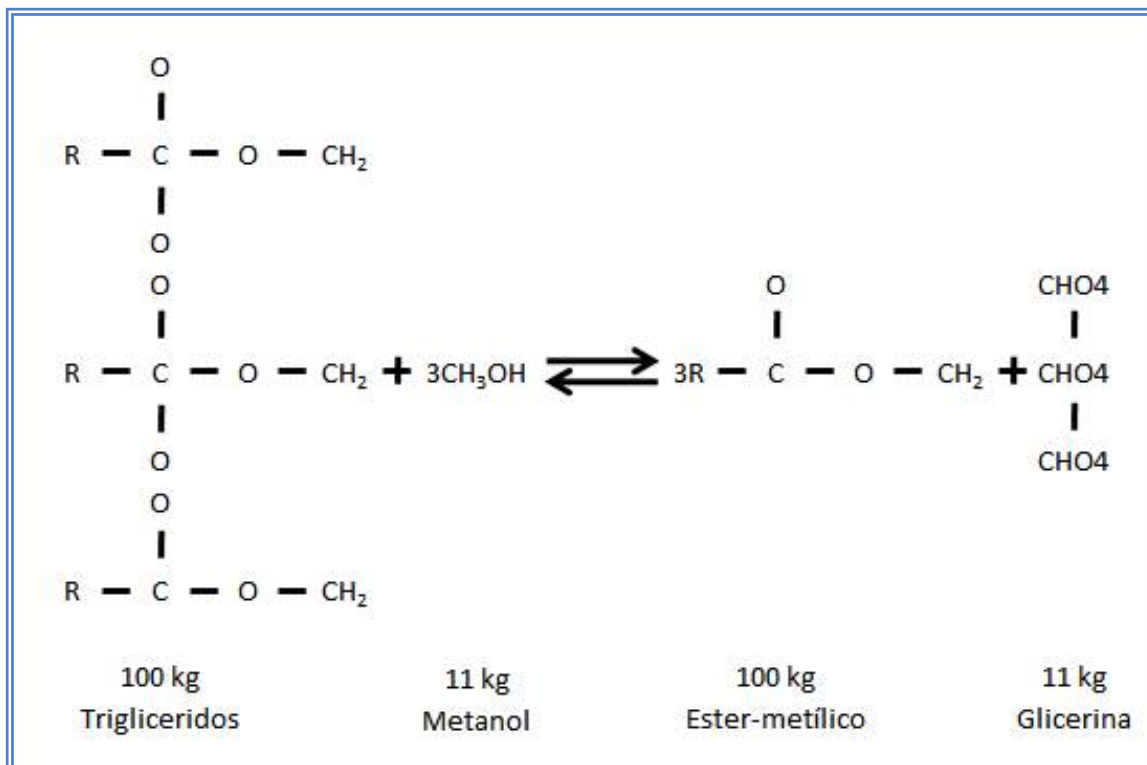


Figura 13: Esquema de transesterización

Este compuesto (éster-metílico) no puede usarse directamente como combustible por mantener diferencias físico-químicas con respecto al gasoil convencional, tales como:

- Incremento del punto de inflamación.
- Menor contenido en azufre.
- Semejante número de cetano.
- Disminución del poder calorífico.
- Menor temperatura de obturación del filtro frío

Por ello, se mezcla con el diesel en proporciones que alcanzan del 5 al 70% dando un producto de similares propiedades apto para ser utilizado en motores diesel según tipo de transformación.

El biodiesel está ampliamente extendido en las flotas de autobuses urbanos de España y por ejemplo Madrid cuenta con más de un 45% de su flota que utiliza B-20.

Otro combustible procedente de productos orgánicos, menos utilizado en Europa pero de amplia difusión en determinados países sudamericanos, es el etanol que puede considerarse que es alcohol etílico producido a partir de la fermentación de azúcares que se encuentra en productos vegetales (cereales, remolacha, caña de azúcar o biomasa).

El gas natural (CH_4) utilizado en estado gaseoso (GNC) constituye hoy día la alternativa más fiable técnica y económica como sustitutivo del gasoil. En primer lugar veamos los límites de emisiones:

Normativa	Fecha Matriculación	grs./kWh			
		NO _x	HC	CO	Partículas
Reglamento nº 49	1982	18,0	3,5	14,00	---
Directiva 88/77 CEE	Octubre 1990	14,4	2,4	11,20	---
Directiva 91/542 CEE EURO I	Octubre 1993	8,0	1,1	4,50	0,36
Directiva 91/542 CEE EURO II	Octubre 1996	7,0	1,1	4,50	0,15
Directiva 1999/96 CEE EURO III	Octubre 2001	5,0	0,66	2,10	0,10
Directiva 1999/96 CEE EURO IV	Octubre 2006	3,5	0,46	1,50	0,02
Directiva 1999/96 CEE EURO V	Octubre 2009	2,0	0,46	1,50	0,02
AUTOBÚS GNC (Valor medio)	---	1,06	0,07	0,37	0,010

Figura 15: Límites de emisiones

Como ejemplo característico de utilización tenemos a la EMT de Madrid, cuya experiencia se cuantifica en:

AÑO	AUTOBUSES GNC ADQUIRIDOS		INSTALACIÓN DE COMPRESORES	INSTALACIÓN DE LLENADO EN PARKING
	CADA AÑO	ACUMULADOS		
1994	1	1	Planta piloto de 60 Nm ³ /h	Para un Autobús
1995	15	15	Dos Compresores de 750 Nm ³ /h = 1.500 Nm ³ /h	Puente de carga para 20 autobuses simultáneos
1996	14	29		
1997	3	32		
1998	18	50		
1999	---	50		
2000	---	50		
2001	20	70	Ampliación con un tercer compresor de 750 Nm ³ /h = 2.250 Nm ³ /h	Puente de carga para 20 autobuses simultáneos. Tiempo medio de Llenado: 45-60 minutos
2002	40	110	Ampliación con un cuarto compresor de 750 Nm ³ /h = 3.300 Nm ³ /h	Puente de carga para 20 autobuses simultáneos y 42 nuevos puntos de carga en espigón con un total de 62 autobuses simultáneos. Tiempo medio de llenado: 45-60 minutos (20 autobuses)
2003	15	125		
2004	30	155		
2005	25	165		
2006	39	202	Ampliación a una estación de Carga rápida	6 puestos de llenado rápido con una capacidad de carga de 100 vehículos/hora
2007	151	351		
2008	29	380	Construcción de un depósito destinado exclusivamente a vehículos de GNC	

Figura 16: Evolución del GNC en EMT

Desde el punto de vista técnico, una estación de gran utilización estaría constituida por:

- 4-8 compresores de (2.000 – 3.000 Nm³) de caudal unitario y 300 – 350 kW de potencia cada uno.
- Modulo de almacenamiento en cascada en alta y media presión (250 – 300 at)
- 6 – 10 puestos de llenado rápido (3 – 5 minutos) de funcionamiento simultáneo.
- Alta capacidad de compresión: 10.000 Nm³/hora.
- Tiempo de llenado: 100 – 125 vehículos/hora
- Incorporación de grupos electrógenos de 1.000 – 1.500 kVA que posibilita el funcionamiento de la estación al 40 – 60%

Por último y para fijar los relevantes resultados medioambientales de este combustible, podríamos indicar que una flota de 1.000 autobuses, para un periodo de servicio de DIEZ AÑOS, supone una disminución de emisiones atmosféricas (NOx, HC, CO y Partículas), con respecto a la tecnología diesel, estimada en:

- 90.000 toneladas con respecto a vehículos EURO I (1993)
- 80.000 toneladas con respecto a vehículos EURO II (1996)
- 45.000 toneladas con respecto a vehículos EURO III (2001)
- 30.000 toneladas con respecto a vehículos EURO IV (2006)

Por último y como resumen de esta ponencia, remarcar que una vez alcanzado cierto nivel de madurez en el mercado del transporte urbano en el cual el vehículo no es un factor diferenciador, son los agentes tecnológicos focalizados en el cliente directo aplicados tanto al mantenimiento de la regularidad y la frecuencia como a proporcionar Sistemas de Información dinámica “*on line*” y las cuestiones medioambientales dirigidas a la ciudadanía como clientes potenciales y centrados en las energías alternativas los que determinen la calidad del producto “kilómetros ofertados” y por consiguiente son los que auguran un futuro prometedor a todas aquellas empresas en las que dichos conceptos constituyan los puntos de referencia de su actividad.

BIBLIOGRAFÍA

- Banco Mundial (2000), *Cities on the Move: A World Bank Urban Transport Strategy Review*, Washington, D.C.
- Cifuentes, L. (2000), "Estimación de los beneficios sociales de la reducción de emisiones y concentraciones de contaminantes atmosféricos en la Región Metropolitana", *Generación de instrumentos de gestión ambiental para la actualización del Plan de Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana de Santiago al año 2000*, documento preparado para la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), Santiago de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- EEA (European Environmental Agency) (2000), "COPERT III Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport – Methodology and Emission Factor", Technical Report, N° 49 (http://reports.eea.eu.int/Technical_report_No_49/en).
- McRae, I.S. y otros (2000), "Traffic Management During High Pollution Episodes: A Review", preparado por TRL (Transport Research Laboratory) para la División de Transporte Local, Departamento de Medioambiente, Transporte y de las Regiones, Crowthorne, Berkshire.
- PICC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2001), "Third Assessment Report: Climate Change, 2001" (<http://www.ipcc.ch/pub/reports.htm>).
- Thomas, A. (2002), "Planificación estratégica de sistemas de transporte urbano" (<http://www.cepal.org/Transporte/noticias/noticias/8/9178/Modelos.ppt>).
- Thomson, Ian y A. Bull (2001), *La congestión de tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales*, serie Recursos naturales e infraestructura, N° 25 (LC/L.1560-P), Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Publicación de las Naciones Unidas, N° de Venta: S.01.II.G.105.
- Ertico (2002), *Traffic management in Europe. Actions for road operators*, Telten –a partnership between the European Commission (DGVII) and Ertico–.
- Garrison, William L. Ward, Jerry D. (2000), *Tomorrow's transportation: Changing cities, economies and lives*. Artech House, INC. Capitols 1, 2 i 4.
- Direcció General de Energia i Transports i Comissió Europea. (2003), *Sistemas inteligentes de transportes*. Comunidades Europeas, 2003.
- Santos Sabrás, Manuel "et al" (2003), *Libro verde de los sistemas inteligentes de transporte terrestre*. Comissió de Transports del Col·legi de Camins, Canals i Ports.
- Chowdhury Mashur A., Sadek Adel, "Fundamentals of Intelligent Transportation System Planning", Artech House Publishers, USA, 2003

- Catling Ian, editor. "Advanced Technology for Road Transport: IVHS and ATT", Artech House Publishers, USA, 1994.
- Ramírez Peñaloza Andrea Milena, "The Intelligent transportation systems (ITS) as a tool to solve congestion problems: The case of Seoul", Korea Development Institute, School of Public Policy and Management, Corea del Sur, 2004.
- Dailey, Daniel J. y Cathey, Frederick W., "The Automated Use of Un-Calibrated CCTV Cameras as Quantitative Speed Sensors, Phase 3", ITS Research Program, University of Washington, Washington, 2005.
- Acha Daza, Jorge A., Espinoza Rescala, Juan Carlos y Agurrebere Salido, Roberto. "Hacia una arquitectura de los sistemas de transporte para México", Instituto Mexicano del Transporte, Querétaro, México, 2004.
- Cathey, F.W. y Dailey, D.J., "Transit Vehicles as Traffic Probe Sensors", Universidad de Washington, EUA, 2003.
- Erias Rey, Antonio y Álvarez-Campana Gallo, Jose Manuel, "Evaluación ambiental y desarrollo sostenible", Ediciones Pirámide, S.A. año 2007.
- VV.AA. y Sánchez Naranjo, Consuelo y Cruz Cruz, Ignacio, "Biocombustibles", Progensa, año 1997.
- Ruíz, Valeriano, "El reto energético", Almuzara, año 2006.
- Castro Gil, Manuel-Alonso y Sánchez Naranjo, Consuelo y Cruz Cruz, Ignacio, "Hidrógeno solar (Monografías, Técnicas de energías renovables)", Progensa, año 2005
- Aguer Hortal, Mario y Miranda Barreras, Ángel Luis, "El hidrógeno, fundamento de un futuro equilibrado", Ediciones Díaz de Santos, S.A., año 2007
- Rifkin, Jeremy, "La economía del Hidrógeno", Ediciones Paidós Ibérica, año 2007
- Urkia Lus, Iñaki y Urkia Lus, Sebastián, "Energía renovable práctica", Editorial Pamiela, año 2003
- Domínguez Gómez, José Andrés, "Energías alternativas (2ª ED.)", Equipo Sirius, S.A., año 2004
- Creus Sole, Antonio, "Energías Renovables", Cano Pina, S.L. Ediciones, año 2004
- Ginés de Rus, Campos, Javier y Nombela, Gustavo, "Economía del transporte", Antoni Bosch Editor, año 2003