

Actualmente, las empresas de transporte de pasajeros tienen que buscar nuevas maneras de aumentar sus ingresos, mejorar la calidad del servicio y reducir los costos. Estas empresas precisan de la capacidad de reaccionar rápidamente ante cambios imprevistos elaborando diversas ofertas distintas. A través de los años los planificadores de horarios han desarrollado muchas y variadas técnicas para reducir los costos de vehículos y de personal sin tener que sacrificar la calidad del servicio. Las técnicas utilizadas pueden, hasta cierto punto, aplicarse manualmente (avanzar o retroceder un viaje, interlineamiento de vehículos sobre más de una ruta, modificaciones de horarios de servicio para cumplir con normativas propias de cada empresa, etc.) Sin embargo, los procedimientos automatizados o asistidos por ordenador pueden conseguir una optimización más eficaz de la planificación de horarios y una reducción considerable del tiempo requerido para producir diferentes alternativas de horarios de servicio y asignación

10. Asignación de horarios y servicios

“ Al aplicar las matemáticas a la creación de modelos, si no podemos interpretar los resultados con palabras claras y simples, tendríamos que quemar los resultados y empezar desde el principio. Alfred Marshal, economista británico del siglo XIX.”

10.1. Introducción

La planificación del transporte público urbano colectivo basada en herramientas de apoyo a la decisión cobra cada vez más importancia, tanto en los países desarrollados como en los en vías de desarrollo. Una proporción importante de los viajes en las ciudades medianas y grandes son efectuados utilizando transporte público colectivo. Problemas como la asignación de flota y personal, han recibido amplio tratamiento, contándose con modelos de optimización para los cuales se dispone de algoritmos eficientes de resolución. En cambio el

problema de optimización de rutas y frecuencias posee varias fuentes de complejidad (no-linealidad, no-convexidad, múltiples objetivos) que dificultan tanto su formulación como la derivación de algoritmos eficientes de resolución. Es muy frecuente la utilización de algoritmos heurísticos, encontrándose varias aplicaciones de la técnica algoritmos genéticos.

Aunque las técnicas de optimización utilizadas por los programas comerciales son extremadamente eficaces, no se debe perder la óptica de ciertos puntos administrativos y de planificación. La utilización de ciertas técnicas puede cuestionar la forma en que una empresa opera, por ejemplo: muchas empresas no permiten interlineamiento de autobuses sobre ciertas rutas, en cuyo caso, algunas posibilidades de optimización son eliminadas de antemano.

Las herramientas de apoyo a la toma de decisiones en muchos casos complementan el conocimiento y experiencia profesional con elementos cuantitativos. Las primeras herramientas se han utilizado en planificaciones a corto y mediano plazo, pero los cambios de operativa pueden tener un costo importante de implantación (financieros, políticos y sociales), por ello se debe considerar también el largo plazo.

El objetivo tradicional ha sido el de optimizar los horarios guardando al mínimo los efectos negativos de las reglas de operación. Sin embargo, la administración y los sindicatos de muchas empresas prefieren romper con los viejos esquemas y rehacer los horarios con una nueva perspectiva para lograr mantenerse en operación. En estos casos, la flexibilidad de una herramienta computarizada es tan importante como su capacidad de optimización.

Los departamentos responsables de la planificación de horarios asumen que los niveles de servicio son más o menos determinados con anticipación. Cambios substanciales de estos niveles de servicio pueden provenir solamente del grupo de planificación de servicio, de los altos niveles administrativos o de puestos políticos. Estos cambios están teniendo lugar más a menudo debido a

que los servicios públicos se someten más y más a escrutinios meticulosos, lo cual exige rapidez de acción y capacidad de evaluación de alternativas múltiples.

En muchas compañías, las preparaciones de horarios de vehículos y de asignación son consideradas como dos procesos consecutivos que tienen poca o ninguna relación entre sí. Sin embargo, a veces es posible reducir substancialmente los costos de personal simplemente modificando los horarios de vehículos, por ejemplo:

- Al crear bloques de viajes consecutivos con duraciones apropiadas así como con otras características que faciliten una asignación productiva.
- Al permitir interlineamiento de rutas sin oportunidades de relevo con otras que tienen relevos regulares lo más cerca posible de un aparcamiento o depósito para reducir los desplazamientos improductivos.
- Al crear esperas entre viajes suficientemente largas y en las horas y lugares apropiados para utilizarlas como descansos o pausas de café.

También se pueden explotar otras relaciones entre los horarios de vehículos y de asignación para aumentar la productividad, por ejemplo:

- Los tiempos de desplazamiento para los relevos de conductores se calculan en función de los horarios maestros del servicio en lugar de un promedio para poder utilizarlos en la planificación de horarios de asignación.
- Cuando conviene, los vehículos desatendidos pueden dejarse bajo la supervisión temporal de un inspector o de otro empleado hasta que el conductor de relevo prosiga con el servicio.

En el área de planificación de horarios de asignación, se acepta generalmente que los procedimientos automáticos pueden a menudo economizar entre 1% y 6% de los costos diarios de personal.

Estas economías pueden representar aproximadamente hasta un 25% en primas (como las de amplitud, tiempo extra, garantía, etc.) ahorradas con solo mejorar el recorte de bloques y el agrupamiento de piezas de trabajo.

Evidentemente, las economías obtenidas a nivel de vehículos implican economías a nivel de empleados.

10.2. Etapas en la asignación de horarios y servicios

La planificación de un sistema de transporte público urbano colectivo implica determinar un plan de recorridos, frecuencias, horarios, asignación de personal y flota, en lo posible óptimos. Este proceso se puede descomponer en etapas [Ceder y Wilson, 1986] de la siguiente manera:

- ⇒ Diseño de las rutas: cantidad de líneas y el trazado de sus recorridos.
- ⇒ Determinación de frecuencias: de pasadas para cada línea, eventualmente variable en el tiempo. Considera aspectos de cubrimiento de demanda no considerados en la etapa anterior.
- ⇒ Determinación de horarios: tablas de horarios de cada línea y sincronización de despachos entre aquellas que comparten puntos de transferencia (transbordos).
- ⇒ Asignación de flota: en función de los vehículos disponibles para realizar los viajes.
- ⇒ Asignación de personal y recursos disponibles a los viajes programados por línea.

Las dos primeras etapas, en general, son ejecutadas directa o indirectamente por las entidades reguladoras, es decir, el estado, la municipalidad. Las tres últimas etapas son generalmente ejecutadas por los operadores de los servicios, las empresas de transporte.

La optimización de un sistema de transporte público urbano colectivo plantea objetivos del tipo: maximizar la calidad del servicio (minimizar tiempos de viaje y espera), maximizar el beneficio de las empresas transportistas. La solución global al problema depende de la solución de cada una de las etapas del proceso; es razonable pensar que las soluciones factibles de las tres últimas etapas del proceso están condicionadas por las soluciones obtenidas en las dos primeras [Ceder y Wilson, 1986].

Los problemas de la asignación de flota y personal han sido muy estudiados con resultados publicados [Wren, 1999]; se modelan como problemas clásicos de optimización combinatoria, programación lineal entera, y, en muchos casos, se resuelven en forma exacta.

10.3 HASTUS (GIRO)

Lo más destacable de HASTUS son las rutinas de optimización así como la utilización fácil y la aplicabilidad amplia del software.

El sistema de base proporciona las herramientas necesarias para la producción eficiente de horarios de vehículos y asignaciones de jornadas. Otros módulos ofrecen soluciones para los sistemas de información para pasajeros, para operaciones diarias de las empresas de transporte y análisis de resultados. La base de datos integrada subyacente, fácilmente accesible con otros sistemas a través de las herramientas de integración proporcionadas, ofrece una única fuente de datos de operaciones del transporte público.

The screenshot shows the HASTUS software interface for managing bus schedules. The window title is 'trp09 - Horario maestro en minutos - [MAIN]'. The menu bar includes 'Archivo', 'Editar', 'Viajes', 'Puntos de control', 'Bloques', 'Medidas', 'Info', 'Ver', and 'Listas'. The toolbar contains various icons for file operations and editing. The main area displays a table for 'Dirección: Station Crémazie'. The table has columns for 'Nte', 'Blk', 'Trp route', 'Act', and several destination points: 'acadie', 'jaraca', 'jaresp', 'laujar', 'jarry', 'lielau', 'cremaz', 'M', and 'A'. Each row represents a specific bus route with its departure times and stop counts. Some cells in the table are highlighted in pink, indicating specific times or adjustments.

Nte	Blk	Trp route	Act	acadie	jaraca	jaresp	laujar	jarry	lielau	cremaz	M	A
		2 - 1 52	0	5:00	5:10	5:15	5:16	5:19			2	5
		2 - 2 52	0	5:20	5:30	5:35			5:37	5:40	1	1
		2 - 1 52	0	5:40	5:50	5:53	5:54	5:57			2	7
		2 - 2 52	0	6:00	6:10	6:15			6:17	6:20	1	1
		2 - 1 52	0	6:20	6:30	6:32	6:33	6:36			2	8
		2 - 2 52	0	6:40	6:50	6:55			6:57	7:00	1	1
		2 - 3 52	0	6:58	7:08	7:13	7:14	7:17			2	2
		2 - 1 52	10	7:10	7:20	7:25			7:27	7:30	0	1
		2 - 2 52	0	7:20	7:30	7:35	7:36	7:39			1	5
		2 - 4 52	0	7:30	7:40	7:45			7:47	7:50	0	1
		2 - 3 52	5	7:40	7:50	7:55	7:56	7:59			1	5
		2 - 1 52	0	7:50	8:00	8:05			8:07	8:10	0	1
		2 - 2 52	0	8:00	8:10	8:15	8:16	8:19			1	5
		2 - 4 52	0	8:10	8:20	8:25			8:27	8:30	0	1
		2 - 3 52	0	8:20	8:30	8:35	8:36	8:39			1	5
		2 - 1 52	2	8:32	8:42	8:47			8:49	8:51	0	0
		2 - 2 52	5	8:45	8:55	9:00	9:01	9:04			2	4
m		2 - 3 52	0	9:00	9:10	9:15			9:17	9:21	1	0
m		2 - 1 52	5	9:15	9:25	9:30	9:31	9:34			2	5
m		2 - 2 52	6	9:30	9:40	9:45			9:47	9:50	1	1
		2 - 3 52	5	9:45	9:55	10:00	10:01	10:04			2	5
m		2 - 1 52	5	10:00	10:10	10:15			10:17	10:20	1	1
		2 - 2 52	5	10:15	10:25	10:30	10:31	10:34			2	5
		2 - 3 52	5	10:30	10:40	10:45			10:47	10:50	1	1
		2 - 1 52	5	10:45	10:55	11:00	11:01	11:04			2	5

Figura 10.1 Horario maestro en HASTUS

Entre las técnicas destinadas a aumentar la productividad destacan:

- Interlineamiento de rutas con o sin puntos en común.
- Combinación óptima de viajes escolares, especiales y expresos con el servicio especiales y expresos con el servicio regular.
- Desplazamiento de viajes: al ajustar los tiempos de salida de los viajes dentro de los límites permitidos, se puede reducir el número de vehículos necesarios suavizando así las frecuencias de servicio.
- Excepciones de día: la optimización de los bloques de viajes toma en consideración pequeñas variaciones diarias para producir horarios de base que contengan un mínimo de alteraciones durante los días de la semana laboral.

- Distribución óptima de vehículos por aparcamientos teniendo en cuenta los límites de capacidad de cada aparcamiento o depósito.
- Reducción controlada de la duración mínima de las actividades de tiempo muerto y de las esperas entre viajes con el fin de reducir el número requerido de vehículos.
- Utilización óptima de tipos diferentes de vehículos en función de las necesidades específicas de rutas y viajes.

La mayoría de las técnicas mencionadas se encuentran en el sistema estándar de *HASTUS-Vehicle*. Algunas de las funciones más complejas requieren la utilización del procedimiento de optimización *Minbus*.

Asimismo, se han desarrollado nuevos algoritmos y se han mejorado los algoritmos ya existentes para poder aplicarlos en situaciones específicas:

- Horarios por ruta con restricciones múltiples.
- Horarios de trenes con asignaciones de trabajo que tienen piezas múltiples a trabajar sobre más de un día.
- Horarios con vehículos jornada, donde los horarios de vehículos coinciden con las asignaciones de jornadas.
- Horarios que combinan más de un tipo de jornada, por ejemplo, jornadas regulares de lunes a jueves y una jornada parcial el día viernes.
- En general, hay un mayor énfasis en la producción de soluciones robustas que permiten la flexibilidad de explorar alternativas con cambios, muchas veces radicales, en la forma de trabajar o en los niveles de servicio.

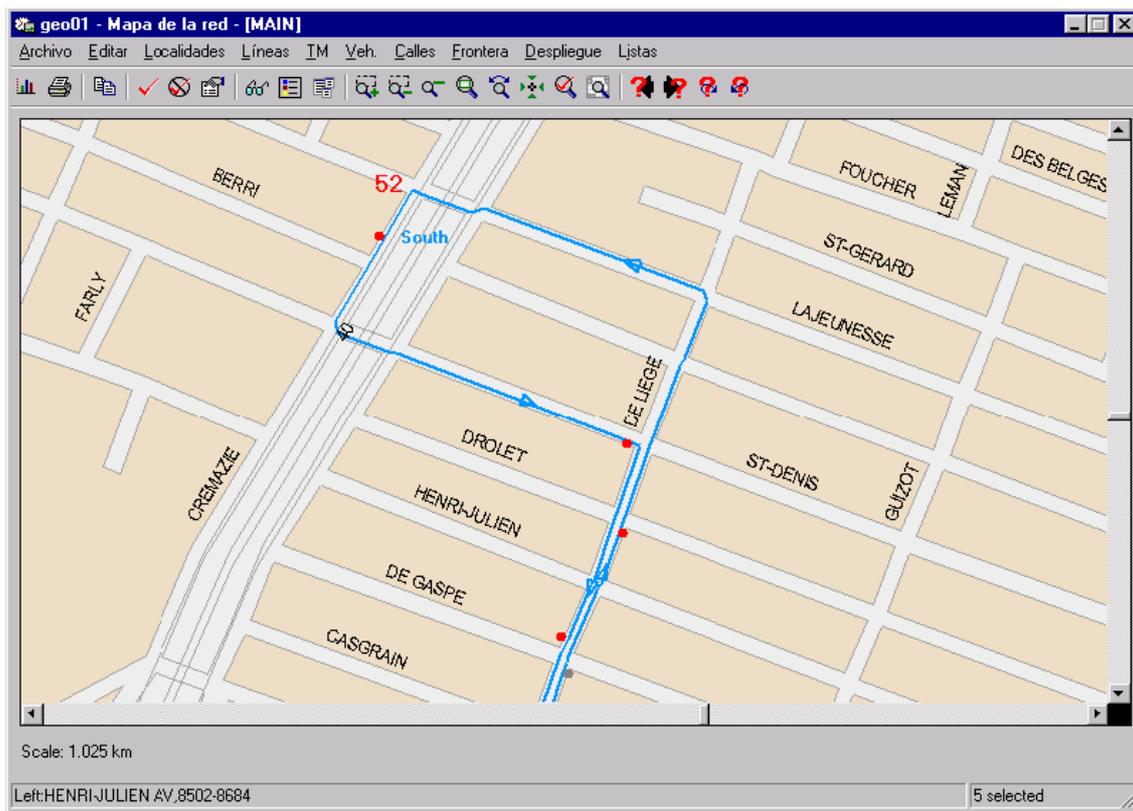


Figura 10.2 Mapa de la red de HASTUS

HASTUS ofrece una base de datos integrada para el transporte público y una línea completa de módulos:

- ◆ *HASTUS-Vehicle* genera horarios de vehículos, con varias vistas por listas y gráficos.
- ◆ *HASTUS-Crew* ayuda a producir asignaciones de jornadas que respetan todas las reglas aplicables y preferencias. Los algoritmos de optimización *CrewOpt* proporcionan ahorros con sus soluciones automáticas que pueden ser examinadas y ajustadas interactivamente. H
- ◆ *HASTUS-Roster* genera automáticamente las rotaciones de los conductores.
- ◆ *Geo* es una opción que proporciona una base integrada de datos geográficos (mapa digital).

- ◆ *HASTINFO* proporciona itinerarios a los centros de llamadas e igual que para la Web.
- ◆ *HASTOP* publica carteles de paradas.
- ◆ *RosterPlus* y *HASTUS-DDAM* proporcionan las herramientas de asignación diarias del operador y del vehículo, junto con funciones de puntualidad. Una opción *Self-service* permite que los operadores tengan acceso a información útil y realicen varias acciones tales como petición a una ausencia o imprimen su tarjeta del conductor a través de su navegador.

El software aprovecha la plataforma servidor y escritorio Windows. Los usuarios múltiples y/o los sitios remotos pueden también ser apoyados usando la opción Terminal Services al servidor Windows. Esta configuración “Three-tier” permite el acceso con clientes delgados y acceso por navegador Web.

Se soportan las bases de datos relacionales Oracle y MS SQL Server. Los informes estándar, las listas configurables, las salidas XML, y la ayuda incorporada para Crystal Reports[®] proporcionan informes de capacidades ilimitadas.

Las herramientas de extracción de datos configurables son proporcionadas para compartir datos fácilmente con otras aplicaciones. Interfaces estándares permiten la integración con productos complementarios y aplicaciones (ejemplo: AVL, sistemas de paga) comerciales.

Servicios Web basados en SOAP permiten la integración en arquitecturas servicio-orientadas, proveyendo información exacta actualizada a sistemas de terceros, tal como ERP, información al cliente, IVR y sitios Web, así como la recepción de actualizaciones transaccionales de aplicaciones de empresa.

Para más información, visitad www.giro.ca.

10.4 GOALBUS

Está dirigido fundamentalmente a hacer más competitivas y rentables las compañías de transporte de viajeros por carretera, optimizando recursos y minimizando costes.

Los módulos básicos de GoalBus son:

- ◆ Generación óptima de Horarios y Servicios de Autobuses.
- ◆ Asignación óptima de Servicios de Conductores a Horarios de Autobuses.

Los Módulos complementarios son:

- ◆ Sistema Integrado de gestión.
- ◆ Replanificación en tiempo real según incidencias obtenidas de un SAE.
- ◆ Definición del servicio a partir de la demanda.
- ◆ Integración con el resto de sistemas de la empresa (GoalDriver, SAE, Sistema de billeteaje, Sistema GIS,...).
- ◆ Opciones de optimización: Algoritmo para la Resolución Conjunta: Resuelve simultáneamente los horarios y los servicios de autobuses y conductores, con mayor posibilidad de optimización, debido a un mejor ajuste de los servicios a las marchas horarias.

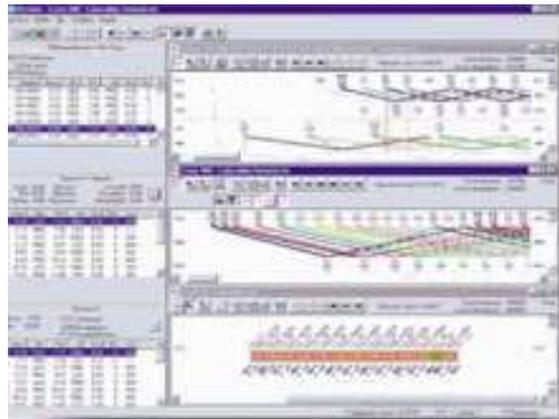


Figura 10.3 Pantalla GOALBUS 1

Las principales características son:

- Diferentes versiones para servicios de tipo urbano, interurbano, regular, largo recorrido, discrecional y posibilidad de coordinación entre todos ellos.
- Posibilidad de especificar las necesidades de servicio mediante horarios fijos, frecuencias o número de coches en diferentes franjas horarias.
- Capacidad de combinar líneas (Multilíneas).
- Opciones para definir puntos de relevo, de descanso, de regulación, de incorporación y/o retirada a cocheras.
- Optimización de los viajes en vacío.
- Contempla la posibilidad de programar desplazamientos de conductores por sus medios.
- Definición de variantes y trayectos de cada línea.
- Combinación de servicios regulares de línea con otros servicios fijos discretionales.
- Posibilidad de resolución conjunta de horarios y servicios de autobuses y conductores.

- Definición de ilimitados tipos de servicios (continuos, partidos, refuerzos,...)
- Integración con el resto de sistemas de la empresa (GoalDriver, SAE, Sistema de billeteaje, Sistema GIS,...).
- Parametrización inicial, en la puesta en marcha del sistema, de las condiciones laborales y operativas de cada empresa.
- Potente función de coste que contempla factores económicos, sociales y operativos.
- Completa parametrización de las restricciones laborales y operativas.
- Múltiples soluciones ordenadas por una función de satisfacción según criterios de calidad y económicos.
- Amplia información sobre análisis de costes.
- Soluciones en corto tiempo de repuesta.
- Alto grado de interacción del usuario con las soluciones obtenidas.
- Editor manual de las soluciones.
- Rápida implantación del Sistema.
- Alto nivel gráfico de las soluciones.
- Gran cantidad de informes y gráficos personalizables.
- Versiones para diferentes bases de datos (ORACLE, SQL SERVER, DB2, ODBC,...).
- Arquitectura Cliente-Servidor sobre plataformas Windows-NT, UNIX.
- Versiones multilenguajes

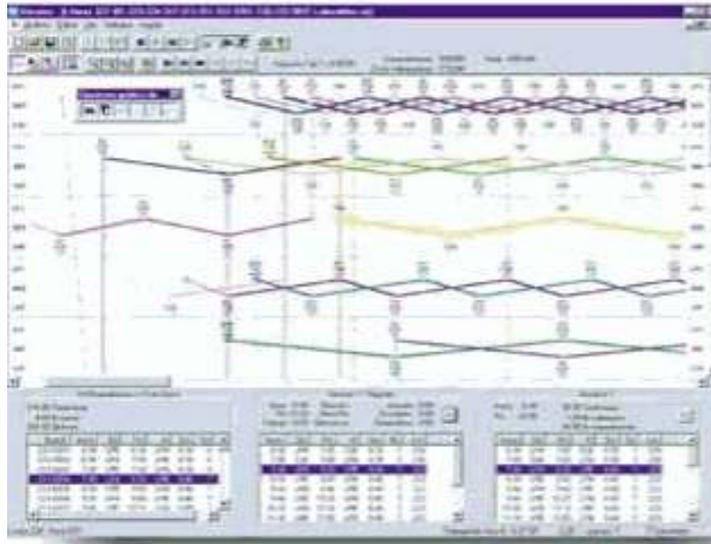


Figura 10.4 Pantalla GOALBUS 2

Los beneficios que se pueden obtener:

- Reducción de costes reales y sociales.
- Disminución de los recursos asignados y mejor aprovechamiento de los existentes.
- Capacidad de simulación.
- Ayuda ágil en la toma de decisiones.
- Mejora en la calidad del servicio.
- Definición de estrategias frente a nuevos escenarios.
- Equidistribución del trabajo.
- Posibilidad de planificación global de los servicios.
- Capacidad de evolución del Sistema.

10.5 MTRAM (MAIOR)

MTRAM es un sistema integrado y modular, desarrollado para proyectar el servicio de transporte público en áreas urbanas y suburbanas y administrar la operación en modo eficiente y eficaz.

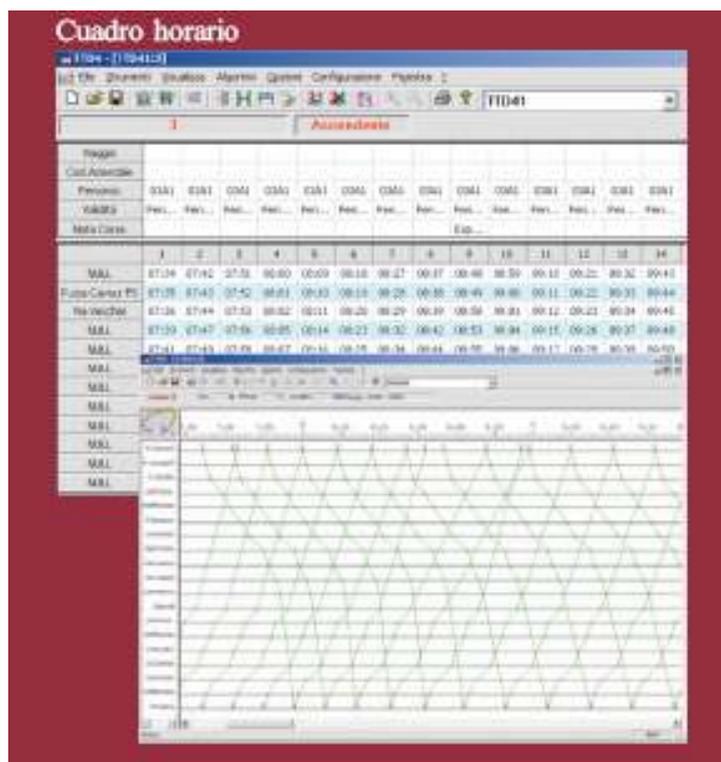


Figura 10.5 Cuadro horario de MTRAM

Permite obtener importantes beneficios:

- Optimización, no simple Automatización.
- Posibilidad de simular y comparar diversos escenarios operativos, para tomar decisiones estratégicas y evaluar nuevas oportunidades de mercado.
- Disminución de los costos de utilización de los vehículos, del personal de operaciones y del personal de gestión central.

- Mejora de la calidad del trabajo de gestión operativa, eliminando operaciones repetitivas y reduciendo el tiempo de preparación de información y/o avisos.
- Gestión integrada de toda la información a través de las diversas fases del proceso operativo.
- Disponibilidad en tiempo real, para los administradores y ejecutivos, de las informaciones críticas para la gestión de la empresa.

Permite definir el servicio de transporte público utilizando los siguientes datos:

- Topología de la red de transporte público.
- Descripción de las frecuencias o del número de vehículos requeridos para cada línea en cada franja horaria.
- Descripción de los depósitos, de los tipos de vehículos y de su distribución en el territorio.
- Descripción de los puntos de la red que revisten una importancia relevante: estacionamientos, terminales, puntos de relevo, etc.
- Descripción de las normativas sindicales y de las prácticas empresariales que regulan la construcción de los turnos de conducción.
- Información respecto de los principales objetivos de calidad para los turnos de conducción, expresados en términos de parámetros de costo y/o de obligaciones porcentuales.
- Informaciones personales y de habilitación de los conductores.
- Vínculos y esquemas de rotación para los turnos al interior de grupos de conductores y criterios para una distribución uniforme de la carga de trabajo.



Figura 10.6 Turnos de MTRAM

Las macros de MTRAM permiten:

- La carga automática de los datos de horarios a partir de archivos preexistentes.
- Administrar y modificar los elementos constitutivos de la red de transporte público: Nodos, arcos de líneas, etc.;
- Definir y modificar los horarios y los recorridos.
- Administrar los datos relativos a las actividades de conducción para cada conductor (programadas y efectivas) para el cálculo de las remuneraciones.
- Asegurar la consistencia de los datos: horarios, recorridos, turnos, rotaciones, etc. Producir gráficos específicos de análisis de la carga de trabajo.



Figura 10.7 Turnos del personal de MTRAM

Utiliza algoritmos matemáticos propios de la Investigación de Operativa y modelos matemáticos específicos que pueden capturar todos los aspectos del problema enfrentado, para asegurar soluciones completas:

- ◆ Efectuar el análisis estadístico de los datos provenientes de sistemas de monitoreo, con el objetivo de actualizar todas las informaciones necesarias (frecuencias y tiempos de recorrido) para producir los cuadros de horarios.
- ◆ Evaluar los costos operativos, en términos de vehículos y conductores necesarios para efectuar el servicio.
- ◆ Evaluar los impactos de nuevos acuerdos sindicales o una diferente ubicación de depósitos de vehículos.
- ◆ Diseñar líneas y horarios para servicios flexibles o a pedido.

Proporciona los siguientes resultados:

- Viajes necesarios por cada vehículo en cada línea para respetar las frecuencias requeridas o los vehículos utilizados por franja horaria.
- Turnos óptimos para los vehículos, su asignación a los depósitos y la elección del mejor tipo de vehículo para cada viaje.

- Solución óptima para la construcción de los turnos de conducción de los conductores y su subdivisión en diferentes categorías sobre la base de las reglas de la empresa.
- Soluciones con el mejor costo total general para los turnos de los vehículos y de conducción.
- La mejor nómina para un período definido, para asignar los turnos a los conductores sobre la base de esquemas de rotación y criterios para la distribución equitativa de la carga de trabajo.

10.6 SAE (Sistema de Ayuda a la Explotación)

A lo largo de este trabajo se ha mencionado varias veces al SAE (Sistema de Ayuda a la Explotación), pero se ha hablado poco de él.

Es un elemento imprescindible para la gestión de grandes empresas de transporte público, por su función de asignación/desasignación de vehículos y conductores a los servicios, su control y gestión sobre la explotación real a partir de lo planificado, modificaciones de recorridos (desvíos, ordenes de regulación...), por su labor de comunicación, obtención de datos de la explotación en la calle, etc.

Los recursos gestionados por el SAE son los autobuses y los conductores. Una vez conocida la planificación a aplicar cada día (horarios y servicios), hay que asignar a cada turno de la línea un vehículo que lo desarrolle, y a cada servicio (o varios servicios) el conductor o conductores que lo han de realizar. Estas asignaciones pueden estar predefinidas o pueden generarse automáticamente. Asimismo, al acabar las tareas planificadas, se desasignan automáticamente los recursos utilizados. En cualquier momento, es posible modificar las asignaciones efectuadas. Durante la operativa, se controla el cumplimiento de los relevos, realizándose estimaciones de tiempo hasta el punto de relevo para poder conocer con antelación si es posible dicho cumplimiento.

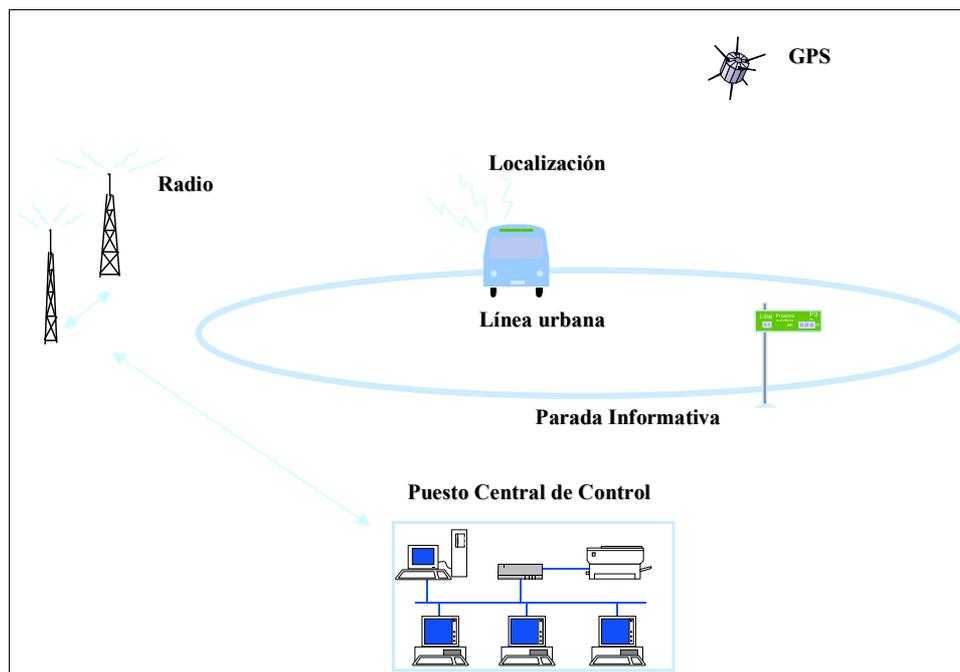


Figura 10.8 Esquema general de un SAE

De una forma global, se puede decir que un SAE está compuesto por:

- Puesto Central de Control (PCC): coordina el funcionamiento de todo el SAE; recibe información sobre la situación de la explotación, posee información sobre la planificación y toma decisiones en función de la desviación entre ambas. En cuanto a estadísticas, captura y almacena datos para su análisis posterior. El equipamiento consiste, principalmente, en una red de ordenadores para control, estadísticas e interacción de usuario y un sistema de almacenamiento de alto rendimiento.
- Red de Comunicaciones: permite el trasvase de información entre todos los elementos que componen el SAE. Esta compuesto principalmente por la infraestructura radio y front-end de comunicaciones.
- Equipos Embarcados: registran y procesan la información en los autobuses, especialmente la localización y alarmas mecánicas que se produzcan. Asimismo permiten la comunicación entre autobús y

PCC bien mediante instrucciones y mensajes codificados a través de la consola de conductor o paneles informativos al viajero, o bien verbalmente a través de la radio.

- Equipos de Información en calle: informan al usuario de tiempos de llegada de los autobuses que paren en la parada.

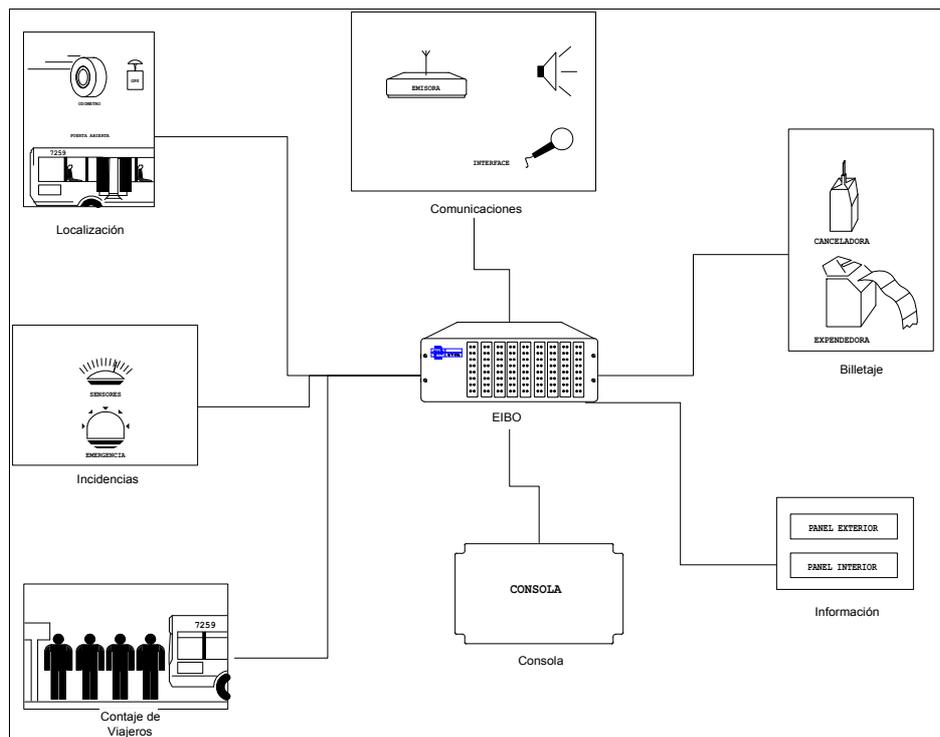


Figura 10.9 Elementos Embarcados del SAE

En lo relativo a los equipos embarcados en los autobuses, los elementos que lo configuran son:

- Ordenador de proceso.
- Consola de interacción con el conductor
- Equipos para la localización: GPS, odómetro y captador de señal de señal de puertas abiertas.
- Radiomóvil con sus elementos auxiliares para la comunicación por voz y avisos de emergencia.
- Información a bordo del autobús relativa a próxima parada y destino.

- Conectares con alarmas mecánicas y eléctricas para detección de anomalías de funcionamiento del autobús.

Cada elemento del SAE proporciona unas funciones determinadas y es el Puesto Central de Control el que integra las funciones proporcionadas por los demás.

El software debe ser específico para cada elemento, y como estar compuesto por:

- Software de Puesto Central de Control.
- Software de Comunicaciones.
- Software Embarcado.
- Software en Paradas Informativas

Las principales funciones de un SAE son:

- ◆ Gestión de recursos.
- ◆ Localización de la flota y estimaciones de tiempo de llegada y salida.
- ◆ Regulación para corregir las desviaciones en la realización del servicio para mantener, en lo posible, los horarios planificados.
- ◆ Transferencia remota de datos, para tratamientos y estudios posteriores.
- ◆ Control de equipos.
- ◆ Estadísticas.
- ◆ Comunicación.
- ◆ Información.

10.7 Conclusiones

Los planificadores de horarios para el transporte público pueden utilizar una variedad de métodos para optimizar sus horarios. Las herramientas computarizadas realzan la posibilidad de aplicar estas técnicas de una forma rápida y global. Estos métodos y herramientas permiten a los departamentos de planificación elevar considerablemente la calidad de servicio y la productividad. No obstante, no se debe de caer en el error de permitir que la herramienta de trabajo condicione la forma de realizar la planificación, sino que es ésta la que debe de adaptarse a las necesidades del trabajo.