

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA.

Departamento de Informática y Sistemas.



Tesis Doctoral

**Aplicación del modelo de computación  
ubicua en el desarrollo de sistemas de  
información para el transporte público de  
viajeros por carretera.**

Francisco Javier Alayón Hernández

Las Palmas de Gran Canaria

2007



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA.

Departamento de Informática y Sistemas.



Aplicación del modelo de computación ubicua en el desarrollo de sistemas de información para el transporte público de viajeros por carretera.

*Tesis Doctoral presentada por*

*D. Francisco Javier Alayón Hernández*

*Dirigida por el Doctor*

*D. Carmelo Rubén García Rodríguez*

Las Palmas de Gran Canaria, Junio de 2007

El doctorando

El director

Francisco Javier Alayón Hernández

Carmelo Rubén García Rodríguez



# Agradecimientos

Quiero expresar mi gratitud y agradecimiento a mi director de tesis, el Dr. Carmelo Rubén García Rodríguez por embarcarme en proyectos cuyos resultados forman parte de nuestra vida, confiar en mí para realizarlos y guiarme y aconsejarme en el desarrollo de esta tesis.

También quiero agradecer la colaboración de D. Gabino Padrón Morales, miembro de nuestro grupo de investigación, que ha participado activamente en estos proyectos.

A Jose, Santiago y Juan Carlos por estar siempre dispuestos y ser un apoyo constante para que realizara esta tesis.

A mis padres y hermanos que me enseñaron con su ejemplo que trabajando en equipo se puede conseguir lo que se quiera.

A Berna y Javier por ser mis incondicionales, dándome apoyo y fuerza para llegar hasta el final.



# Índice

<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 INTRODUCCIÓN. ....	3
1.2 OBJETIVOS .....	4
1.3 ESTRUCTURA DE LA TESIS. ....	5
<b>CAPÍTULO 2: FUNDAMENTOS Y BASES TECNOLÓGICAS .....</b>	<b>9</b>
2.1 APRENDIZAJE, DATOS E INFORMACIÓN.....	11
2.2 SISTEMAS DE INFORMACIÓN.....	13
2.3 TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN .....	19
2.3.1 <i>El transporte de los datos.</i> .....	24
2.4 SISTEMAS DE INFORMACIÓN CON SUBSISTEMAS MÓVILES .....	26
2.4.1 <i>Computación móvil.</i> .....	26
2.4.2 <i>Sistemas de Comunicaciones Móviles</i> .....	28
2.4.2.1 <i>Sistemas de Radio</i> .....	28
2.4.2.2 <i>Sistemas de Radio Celulares</i> .....	34
2.4.3 <i>Redes locales inalámbricas</i> .....	40
2.4.4 <i>WIMAX</i> .....	45
2.5 SISTEMAS DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE .....	47
2.5.1 <i>GPS</i> .....	47
2.5.2 <i>Galileo</i> .....	52
2.6 COMPUTACIÓN UBICUA .....	53
2.7 ADMINISTRACIÓN DE REDES VERSUS ADMINISTRACIÓN DE FLOTA. ....	65
2.8 LA TECNOLOGÍA EN EL TRANSPORTE DE VIAJEROS POR CARRETERA .....	68
2.8.1 <i>Los sistemas inteligentes de transporte.</i> .....	68
2.8.2 <i>Sistemas de ayuda a la explotación en el transporte (SAE)</i> .....	72
<b>CAPÍTULO 3: MODELO UBICUO PARA EL TRANSPORTE PÚBLICO DE VIAJEROS POR CARRETERA .....</b>	<b>75</b>
3.1 APROXIMACIÓN A LAS ORGANIZACIONES OBJETO DEL ESTUDIO.....	77
3.1.1 <i>Funciones</i> .....	77
3.1.2 <i>Estructura</i> .....	78
3.1.3 <i>Entorno</i> .....	79
3.1.4 <i>Objetivos</i> .....	81
3.2 PARADIGMA: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MODELO.....	82
3.2.1 <i>Introducción</i> .....	82
3.2.2 <i>Modelo ubicuo.</i> .....	85
3.2.2.1 <i>Dispositivos</i> .....	86
3.2.2.2 <i>Red ubicua</i> .....	92

3.2.2.3	Middleware .....	101
3.2.2.4	Aplicaciones ubicuas.....	113
<b>CAPÍTULO 4: APLICACIÓN.....</b>		<b>119</b>
4.1	INTRODUCCIÓN.....	121
4.2	ENTORNO DE APLICACIÓN.....	121
4.2.1	<i>Sistema de producción.....</i>	<i>124</i>
4.2.2	<i>Objetivos.....</i>	<i>125</i>
4.2.3	<i>Descripción del sistema.....</i>	<i>131</i>
4.3	MODELO UBICUO.....	132
4.3.1	<i>Dispositivos .....</i>	<i>133</i>
4.3.2	<i>Red Ubicua .....</i>	<i>137</i>
4.3.3	<i>Middleware.....</i>	<i>139</i>
4.3.4	<i>Aplicaciones ubicuas .....</i>	<i>145</i>
4.4	RESULTADOS.....	149
4.4.1	<i>Sistema de producción.....</i>	<i>151</i>
4.4.2	<i>El sistema de recaudación.....</i>	<i>158</i>
4.4.3	<i>Sistema de control de la explotación.....</i>	<i>159</i>
4.4.4	<i>Sistema de ayuda al mantenimiento.....</i>	<i>162</i>
<b>CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y APORTACIONES.....</b>		<b>167</b>
5.1	CONCLUSIONES Y APORTACIONES.....	169



# Figuras

FIGURA 1: CICLO DE VIDA DE LA INFORMACIÓN.....	3
FIGURA 2: REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE UN SI.....	14
FIGURA 3: ELEMENTOS BÁSICOS DE CONTROL.....	16
FIGURA 4: EL PAPEL DE LOS SI. EN LA ORGANIZACIÓN.....	18
FIGURA 5: ACCESO A LA INFORMACIÓN.....	26
FIGURA 6: DISCIPLINA DE COMUNICACIÓN EN PMR SIMPLE.....	30
FIGURA 7: DISCIPLINA DE COMUNICACIÓN PMR CON ESTACIÓN REPETIDORA.....	31
FIGURA 8: INFRAESTRUCTURA RADIO TRUNKING.....	32
FIGURA 9: REUTILIZACIÓN DE FRECUENCIAS.....	33
FIGURA 10: ESTACIÓN BASE GSM.....	34
FIGURA 11: WIFI VERSUS WIMAX.....	45
FIGURA 12: CONSTELACIÓN DE SATÉLITES GPS.....	48
FIGURA 13: CÁLCULO DE LA POSICIÓN GPS.....	50
FIGURA 14: CÁLCULO MEDIANTE GPS DIFERENCIAL.....	51
FIGURA 15: COMPUTACIÓN UBICUA.....	54
FIGURA 16: SISTEMA COMPLETO.....	83
FIGURA 17: ARQUITECTURA FUNCIONAL.....	83
FIGURA 18: FUNCIONES.....	84
FIGURA 19: ARQUITECTURA DEL MODELO UBICUO.....	86
FIGURA 20: ARQUITECTURA DEL SISTEMA EMBARCADO.....	87
FIGURA 21: ARQUITECTURA SOFTWARE EN EL ORDENADOR EMBARCADO.....	88
FIGURA 22: CONEXIÓN DE LOS DISPOSITIVOS UBICUOS.....	89
FIGURA 23: CONEXIÓN DE LOS DISPOSITIVOS AL SISTEMA EMBARCADO.....	91
FIGURA 24: COMUNICACIÓN A LARGA DISTANCIA.....	94
FIGURA 25: RACIONALIZACIÓN DE LAS COMUNICACIONES.....	95
FIGURA 26: COMUNICACIÓN A MEDIA DISTANCIA.....	96
FIGURA 27: VISIÓN GENERAL DEL SISTEMA.....	99
FIGURA 29: ESTRUCTURA DEL MIDDLEWARE.....	102
FIGURA 30: ENTIDADES Y CONTEXTOS DEL SISTEMA.....	104
FIGURA 31: SISTEMA DE GESTIÓN.....	106
FIGURA 32: INFORMACIÓN DE CONTROL.....	108
FIGURA 33: ESTRUCTURA DE LAS ENTIDADES DE GESTIÓN Y ADMINISTRACIÓN.....	110
FIGURA 34: ESTRUCTURA DE LA INFORMACIÓN DE GESTIÓN.....	112
FIGURA 35: MOVIMIENTO DE VIAJEROS EN CADA CONCESIÓN DE GLOBAL.....	122
FIGURA 36: RESUMEN ANUAL.....	124
FIGURA 37: EXPEDICIONES ANUALES.....	125
FIGURA 38: PUNTOS DE CONFLUENCIA.....	126

FIGURA 39: HOJA DE SERVICIO .....	128
FIGURA 40: VISIÓN GLOBAL DEL SISTEMA .....	133
FIGURA 41: CAJERO DE AUTOLIQUIDACIÓN.....	135
FIGURA 42: SISTEMA DE INFORMACIÓN ESTÁTICO. ....	136
FIGURA 43: PUNTOS DE CONEXIÓN A LA RED TRUNKING. ....	137
FIGURA 44: ACCESO A LA RED CORPORATIVA. ....	138
FIGURA 45: INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIONES.....	140
FIGURA 46: ESTRUCTURA JERÁRQUICA DE LA INFORMACIÓN DE GESTIÓN .....	141
FIGURA 47: MARCO DE COMPUTACIÓN UBICUA. ....	149
FIGURA 48: ACCESO A LA APLICACIÓN.....	150
FIGURA 49: MENÚ PRINCIPAL.....	151
FIGURA 50: DATOS DE ENTRADA AL SISTEMA DE PRODUCCIÓN .....	152
FIGURA 51: DEFINICIÓN DE PARADAS DE LA LÍNEA 1 .....	152
FIGURA 52: DISTANCIA ENTRE PARADAS. LÍNEA 1. ....	153
FIGURA 53: GESTIÓN DE LA BASE DE DATOS DE CONDUCTORES .....	153
FIGURA 54: ENVÍO A PRODUCCIÓN .....	154
FIGURA 55: MES DE AGOSTO. TRANSACCIONES DIARIAS .....	155
FIGURA 56: MES DE OCTUBRE. TRANSACCIONES DIARIAS .....	155
FIGURA 57: RECEPCIÓN DE RESULTADOS DE LA PRODUCCIÓN.....	156
FIGURA 58: TASA DE ERROR.....	156
FIGURA 59: DEFINICIÓN DE CONSULTA DE ESTADÍSTICA. ....	157
FIGURA 60: GESTIÓN DE INCIDENCIA .....	158
FIGURA 61: RECAUDACIÓN DE UN CONDUCTOR .....	158
FIGURA 62: RECEPCIÓN DE LA RECAUDACIÓN.....	159
FIGURA 63: CONSOLA DEL SISTEMA DE CONTROL DE FLOTA .....	160
FIGURA 64: EVENTO TOMA DE SERVICIO .....	160
FIGURA 65: EVENTO RIESGO DE ATRASO DE COMIENZO DE EXPEDICIÓN .....	161
FIGURA 66: EVENTO EXCESO DE PASAJEROS .....	161
FIGURA 67: INFORMACIÓN DE RECURSOS DEL SISTEMA MÓVIL. ....	162
FIGURA 68: CREACIÓN DE UN MENSAJE DE MANTENIMIENTO.....	163
FIGURA 69: OPERACIONES CON LOS MENSAJES .....	163
FIGURA 70: PARÁMETROS DE LAS OPERACIONES.....	164
FIGURA 71: MENSAJES ENVIADOS .....	164
FIGURA 72: DISTRIBUCIÓN DE UNA ACTUALIZACIÓN. ....	165
FIGURA 73: CONFIRMACIÓN DE ACTUALIZACIÓN. ....	165

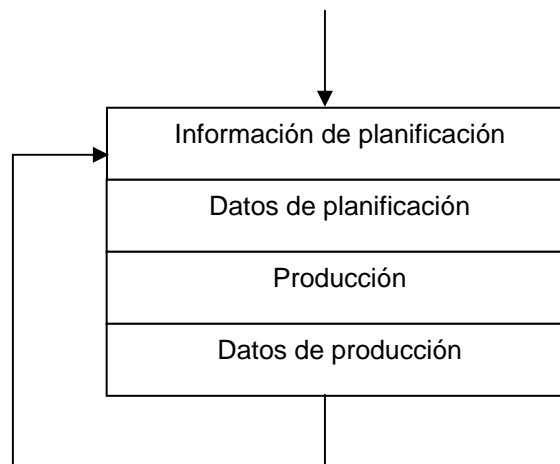
## Capítulo 1: Introducción

---



## 1.1 Introducción.

Los avances en las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC en adelante) han permitido automatizar procesos en los sistemas de información (SI en adelante) de las organizaciones y poner en práctica modelos que integran las distintas facetas de funcionamiento. Gracias al uso de estos avances, los SI procesan los datos obtenidos de la actividad de la organización y generan información útil para su funcionamiento.



**Figura 1: Ciclo de vida de la información.**

El caso de las empresas de transporte público de viajeros por carretera, en la que su actividad productiva se realiza en sistemas móviles y geográficamente dispersos, estos avances se van introduciendo de forma lenta, esta lentitud ha motivado que estos sistemas móviles suelen estar débilmente integrada en sus SI corporativos. La realización de la actividad productiva requiere datos que define como, cuando y de que manera se realiza. El resultado de la actividad proporciona datos de gran valor para calibrar la bondad de la tarea realizada (Figura 1). Este flujo de los datos requiere unos medios que les transporte y que una vez analizados e incorporados al conjunto de datos de la empresa los convierta en información que ayude a conocer y mejorar la actividad de la organización.

Los avances en la computación móvil han permitido instalar en los vehículos dispositivos que aumentan el grado de automatización de las tareas que se realizan a bordo de los vehículos y la capacidad de registro de los datos relacionados con estos procesos. Por otro lado los avances en comunicaciones

móviles posibilitan el transporte automático de los datos generados en los sistemas móviles, evitando así que estos datos sean transportados de forma manual por el personal de la empresa, y como consecuencia de ello, posibilitando el acceso a los datos en el momento preciso y en la cantidad adecuada con el objeto de disponer de un mejor conocimiento del estado de la producción.

Por tanto, en el contexto de los sistemas de transporte público, se plantea el reto del desarrollo de herramientas telemáticas que usando de una manera apropiada los avances en las TIC, mejoren el funcionamiento de dichos sistemas, resolviendo problemas tradicionales e incorporando nuevas funcionalidades. El fin último es la mejora de este importante servicio público y aumentar su atractivo de cara al ciudadano. En esta tesis se plantea el modelo arquitectónico general que permite desarrollar dichas herramientas.

### **1.2 Objetivos**

La hipótesis inicial de esta tesis consiste en afirmar que es posible disponer de un sistema de información integral en una organización con sistemas móviles, en el que todos sus componentes estén basados en tecnología estándar con unos costes de comunicación aceptables. Para ello definimos una arquitectura de sistema de información integral, basada en el paradigma de la computación ubicua, en el que todas las áreas de la organización están convenientemente integradas. En esta integración tiene especial relevancia la integración de los sistemas móviles, ya que en esta arquitectura todos los dispositivos móviles empleados en el SI (los instalados en los vehículos de la flota y los usados por el personal de la compañía) están contemplados de la misma manera que cualquier otro sistema de la red corporativa de la organización. Dos aspectos relevantes de la arquitectura propuesta, que contrasta con los existentes en el transporte público por carretera donde abunda los sistemas cerrados y propietarios, son: su carácter abierto, que posibilita la utilización de tecnología estándar de mercado, y su estructura escalable, que posibilita la incorporación de nuevos elementos hardware y software.

El objetivo de esta tesis es desarrollar un modelo arquitectónico integrador que permita que los sistemas de producción estén convenientemente integrados en

el SI de la organización. Gracias a él, la información fluirá por los distintos estamentos de la organización en el tiempo, forma (segura y automáticamente) y en la cantidad apropiada, mejorando así la calidad de la información utilizada por la organización. Además este modelo cumple con los siguientes requisitos:

- Permitir la utilización de productos estándares del mercado que facilite la incorporación de los avances tecnológicos al ámbito de la empresa de transporte público por carretera y proporcione una mayor libertad de negociación frente a los suministradores de estos productos.
- Proporcionar las bases para el desarrollo de sistemas abiertos, para que sea fácil la incorporación de nuevos componentes y prestaciones a los sistemas ya existentes de una manera no traumática.
- Facilitar el desarrollo de soluciones económicamente atractivas mediante la utilización de tecnología estándar y el uso racional de las comunicaciones.

### **1.3 Estructura de la tesis.**

En este primer capítulo se explican las motivaciones de esta tesis, sus objetivos y su estructura.

En el segundo capítulo presentamos las generalidades de los sistemas que vamos a estudiar, los objetivos que se buscan, las bases tanto de conocimiento, como tecnológicas utilizadas en el modelado realizado.

El capítulo tres es el núcleo de la tesis, pues en él se describe el modelo arquitectónico propuesto. Para entenderlo y justificarlo, en primer lugar realizamos una aproximación a las funciones, estructura y entorno que tienen las empresas de transporte público de viajeros por carretera y los objetivos que se persiguen con el uso de la tecnología. A continuación, se presenta el modelo arquitectónico propuesto que integra a los distintos elementos que intervienen en la producción de la empresa en el sistema de información corporativo y cumpliendo con los objetivos y requerimientos expuestos en el apartado anterior. El modelo se desarrolla utilizando las teorías de modelo ubicuo presentadas por Mark Weisser, aplicando soluciones basadas en computación móvil, sistemas distribuidos y utilizando conceptos de administración, gestión y monitorización de redes a los sistemas de ayuda a la explotación (SAE en

adelante) aplicados al transporte público de viajeros por carretera. En este capítulo presentamos la arquitectura de capas del modelo ubicuo y definimos cada una de sus capas para cumplir con los objetivos de este tipo de organizaciones. Entre los dispositivos destacamos la arquitectura del ordenador embarcado en los vehículos que hace de dispositivo integrador de los otros dispositivos que actúan en el vehículo y de nodo de conexión con la red corporativa. Esta integración se realiza utilizando computación móvil y computación distribuida a través de comunicaciones inalámbricas, a corta, media y larga distancia; con la red corporativa. Las comunicaciones a larga distancia tienen un coste que es considerable cuando el número de vehículos es alto. Para minimizar el coste por vehículo se propone una disciplina de comunicación entre los vehículos y la red corporativa. Esta disciplina se refleja en el desarrollo de un protocolo de comunicación sobre el que se desarrolla una aplicación para el mantenimiento software y el envío y recepción de datos de producción. Con este mismo objetivo se desarrolla un sistema de comunicación de incidencias flexible basada en la excepción, en la que la organización define que debe informarse de forma inmediata con costes de comunicación y que puede ser comunicado de forma diferida y sin costes. Sobre esta herramienta de comunicación se define una aplicación de ayuda a la explotación que monitoriza que está haciendo y donde se encuentra cada vehículo de la flota, en base a la información de planificación y las incidencias registradas.

En el capítulo cuatro presentamos un caso de aplicación concreta del modelo planteado. Este caso lo encontramos en la compañía Global Salcai-Utinsa S.A. (Global en adelante), una empresa de transporte público de viajeros por carretera que opera en Gran Canaria que transporta más de 30 millones de viajeros al año. Con el objeto de ilustrar la potencialidad, robustez y fiabilidad del modelo, se comienza describiendo esta empresa: su dimensión, su entorno de trabajo, los servicios que presta y los objetivos buscados para mejorar la calidad del servicio ofertado. A continuación, se muestra cómo se ha aplicado el modelo: las herramientas desarrolladas en las distintas capas de la arquitectura, sus funcionalidades y objetivos. De cara a analizar la bondad del modelo, se detallan resultados obtenidos en términos de cantidad de información transportada, tiempos de acceso a los datos y tiempos en realizar



actualizaciones masivas en los dispositivos móviles. Finalmente en el capítulo cinco se presentan las conclusiones y aportaciones de esta tesis.



## **Capítulo 2: Fundamentos y bases tecnológicas**

---



## **2.1 Aprendizaje, datos e información.**

El aprendizaje es la adquisición de una nueva conducta a consecuencia de la interacción con el entorno. La información adquirida producto de la experiencia se almacena y será recuperada en el momento adecuado para ser utilizada de forma conveniente. En un entorno organizacional el aprendizaje se utiliza para evolucionar pasando gradualmente de un estado a otro mejor. El motor de estos cambios es la observación de las distintas fuentes que afectan a la actividad. Los hechos observados se cuantifican en datos más o menos complejos proporcionando un conocimiento del estado de las cosas. La organización recopila datos de varias fuentes, incluyendo sus clientes y sus propias operaciones internas. La mayoría de las organizaciones recopilan también información de sus competidores y otros fenómenos externos a su organización. (Lucas, 1983). El entorno de una organización es cualquier acción que suceda a su alrededor y que pueda afectar a su actividad.

Un dato se puede definir como un antecedente necesario para llegar al conocimiento de algo o para deducir las consecuencias de un hecho. El conocimiento nos proporciona cual es la naturaleza y las relaciones de las cosas. Con el conocimiento obtenido a partir de los datos se obtiene la información. En 1963, el psicólogo estadounidense Ausubel presenta la teoría del aprendizaje significativo definiéndolo como aquello que se aprende, relacionando de forma sustantiva y no arbitraria con lo que el que aprende ya conoce (Ausubel, 1963). En cierta medida, la evolución de las organizaciones con el conocimiento del entorno se realiza mediante la obtención de datos que al relacionarlo con lo conocido nos proporciona una modificación o confirmación de lo que se conoce. La información es un conjunto de conocimientos que permiten ampliar o precisar los conocimientos que ya se poseen sobre una materia determinada. Si estos conocimientos ya existían no habrá información sino confirmación, memorización o actualización de los conocimientos. (Pascual, 1992). Por lo tanto, las mejoras de la actividad de una organización se lleva a cabo expresando mediante datos lo que sucede en el ejercicio de la actividad y en su entorno. Estos datos son la fuente para obtener la información que permita instruir a los usuarios y perfeccionar el conocimiento

que se tiene de la actividad de la organización. Por ello, la capacidad de integración que posea una organización de su entorno es un factor importante en su funcionamiento, y por ello, el modelo de computación ubicuo, que se describirá más adelante, está especialmente concebido para dar respuesta a este requerimiento. Para ilustrar esta afirmación sobre este paradigma, se presenta literalmente una reflexión del precursor de este modelo de computación, Mark Weiser en 1991: *“Hay más información disponible en nuestra yema de los dedos durante un paseo por el bosque que la existente en cualquier ordenador. Aún hay mucha gente que siente frustración al utilizar un ordenador y relax al pasear entre los árboles. Máquinas que se adaptan al entorno humano sin que éste se tenga que ajustar a ellas para sacarles provecho, harán que el uso de ordenador produzca el mismo placer que un paseo por el bosque”*.

Los recursos básicos son las ideas y el uso de la información. El empleo estratégico de la información continuará creando nuevas oportunidades. La habilidad para hacer uso de la información para obtener ventajas competitivas bien a través de nuevos productos y servicios o con un trato más eficaz hacia los clientes, proveedores y competidores será el factor que decida el éxito de las empresas. (Senn, 1992). Como indica Lucas: *“La información no consiste en datos simple, sino procesados de alguna forma para proporcionar un resultado, interpretado como información por el usuario o el personal encargado de la toma de decisiones”*. (Lucas, 1983)

Con la información obtenida se toman decisiones que hacen variar los resultados de la actividad de la empresa. Estas variaciones se expresan en datos que producen información que nos muestra la bondad de la decisión tomada. Una vez tomada la decisión se debe seguir muy de cerca el desempeño del producto. (Lucas, 1983). El tratamiento de los datos es la manipulación de los mismos, en una serie de formas diversas, para lograr una información significativa en el aspecto concreto deseado. A su vez, esta información puede ser utilizada para conseguir una información ulterior, mediante el tratamiento adecuado de la misma. Si bien el procesamiento de información no es el objetivo principal de muchas empresas, si es un componente vital de sus operaciones. Para ello hay que entender el papel de la

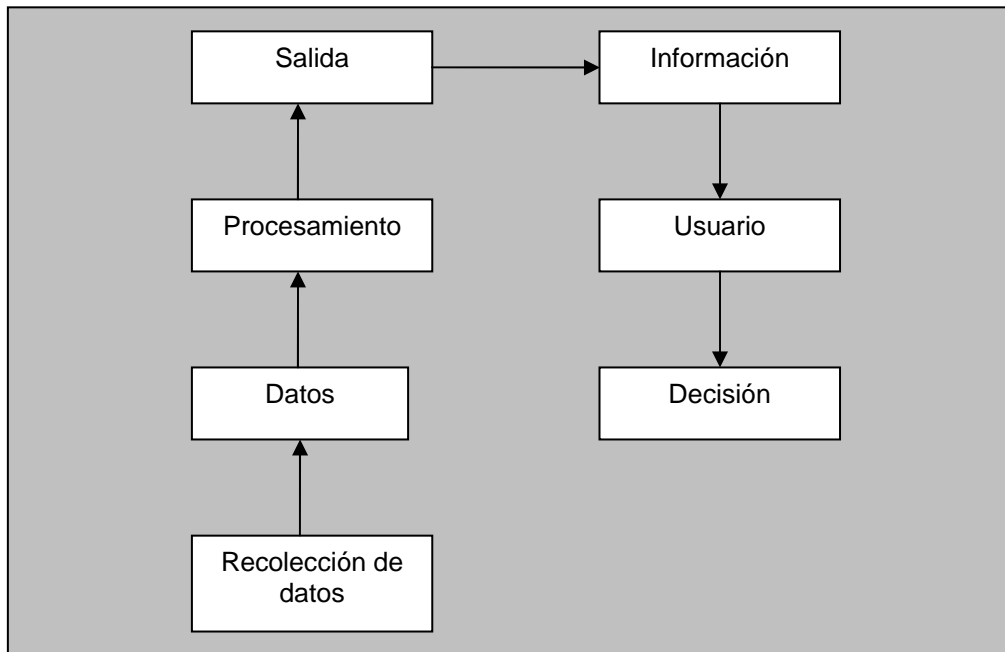
información: ¿cómo se produce y analiza y como se procesa para contribuir al logro de los objetivos de la organización? (Lucas, 1983).

## **2.2 Sistemas de información.**

Un sistema es un conjunto de componentes que interaccionan entre sí para lograr un objetivo común. Este conjunto de componentes son las tareas, actividades, misiones, o partes del sistema que se realizan para lograr objetivos. Están organizadas, interaccionando, interdependientes e integradas. Los sistemas transforman las señales de entrada en señales de salida. La obtención de la metas del sistema dependen del procesado de un conjunto de señales de entrada. Todos los sistemas producen algunas señales que son necesarias para otros sistemas. Por lo tanto, el procesado de la información es crítico para la supervivencia de los sistemas. El sistema debe disponer de algún medio para regular las interacciones de sus componentes, de tal modo que se alcancen los objetivos. El planeamiento, control y la realimentación están asociados con esta función reguladora. Esta concepción de los sistemas, como elementos que no sólo producen salidas, si no que además, son capaces de autocontrolarse adaptándose a los cambios que se producen en su entorno, encaja perfectamente con el fin último del modelo de computación ubicua, que expresó de manera precisa Mark Weisser en 1991: *“La más profunda tecnología es aquella que es invisible. Ésta será capaz de usarse a si misma en la fábricas y en nuestra vida cotidiana hasta hacerse indistinguible de esta”*.

Una organización es un sistema. Sus componentes trabajan juntos para crear utilidades que beneficien tanto a los empleados como a los accionistas de la compañía. Cada uno de estos componentes es a su vez un sistema. (Sean, 1992). Cualquier sistema se puede analizar como un gran sistema formado a su vez por otros subsistemas y estos subsistemas están formados a su vez por otros subsistemas. Cualquier sistema se puede analizar con este marco de referencia añadiendo los detalles que sean necesarios. Esta flexibilidad es lo que hace útil los conceptos de sistemas en las organizaciones y en el diseño de sistemas de información. Todo sistema organizacional depende, en mayor o menor medida, de una entidad abstracta llamada sistema de información (SI en adelante). Este sistema es el medio por el cuál los datos fluyen de una persona

o departamento hacia otros y puede ser cualquier cosa, desde la comunicación interna entre los diferentes componentes de la organización y líneas telefónicas hasta sistema de cómputo que generan reportes periódicos para varios usuarios. Los SI proporcionan servicio a todos los demás sistemas de una organización y enlazan todos sus componentes en forma tal que éstos trabajen con eficiencia para alcanzar el objetivo. La finalidad de un sistema es la razón de su existencia.



**Figura 2: Representación esquemática de un SI.**

Un SI es un conjunto de procedimientos organizados que cuando se ejecutan proporcionan información para la toma de decisiones y/o el control de la organización. (Lucas, 1983). Una definición más formal es, un SI es el conjunto formal de procesos que operando sobre una colección de datos estructurada de acuerdo con las necesidades de la empresa, recopila, elabora y distribuye la información necesaria para la operación de dicha empresa y para las actividades de dirección y control correspondientes, apoyando la toma de decisiones necesarias para desempeñar las funciones y procesos de negocio de la empresa de acuerdo con su estrategia. Los datos manipulados, generados y almacenados por el SI, la colección de datos estructurada, deben reflejar la percepción que de los mismos tienen las personas que los utiliza a diario para desempeñar sus responsabilidades en la empresa. Las operaciones



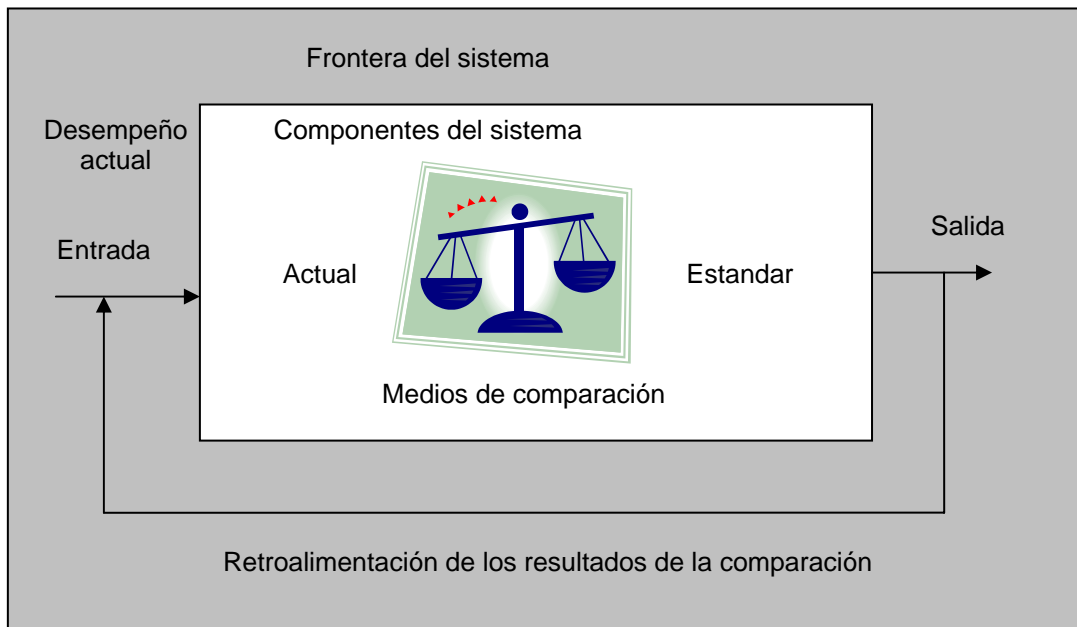
y la toma de decisiones necesarias en las actividades de dirección y control enfatizan el hecho de que la información no sólo es necesaria para coordinar acciones operativas, sino que también ayuda a la toma de decisiones y para ejercer el control adecuado. (Andreu, 1996). La Figura 2 muestra las funciones básicas de un SI. El SI debe estar al servicio de su enfoque de negocio. Esta definición se centra fundamentalmente en el para qué del SI más que en el cómo o el qué. Las empresas necesitan que determinada información fluya para coordinar sus acciones operativas y que otra información llegue a tiempo y organizada para que se tomen las decisiones con el máximo conocimiento de causa posible, y para que quienes tienen la responsabilidad de controlar las distintas actividades puedan hacerlo en el momento en que se detecte la primera desviación relevante entre lo previsto y lo real. El control se encarga de la ejecución de los planes. El flujo de la información y realimentación está asociado con el control. De esta manera un sistema puede evaluar sus propios planes.

El entorno exterior al sistema abarca todo lo que está fuera del control del sistema. El entorno también determina en buena parte las prestaciones del sistema, por eso el sistema y su entorno están interrelacionados y son interdependientes. El planeamiento abarca establecer metas, utilizar recursos y desarrollar un programa para hacerse cargo de las distintas actividades y una estrategia para entenderse con el entorno. Para alcanzar sus objetivos los sistemas interactúan con *su entorno* que está formado por los objetos que se encuentran fuera de las fronteras de los sistemas. Los sistemas que interactúan con su entorno (reciben entradas y producen salidas) se denominan sistemas abiertos

El control es un elemento muy importante en los sistemas. Los sistemas trabajan mejor cuando trabajan en unos niveles de desempeño tolerables, se encuentran bajo control. Cuando la desviación sobre el nivel de operación supera lo tolerable el sistema puede dejar de funcionar hasta que se corrija la condición. Si la condición se prolonga excesivamente los resultados pueden ser fatales para el sistema. Todos los sistemas tienen niveles aceptables de desempeño que se denominan estándares contra los que se comparan los niveles de desempeño actuales. Es necesario anotar las actividades que se

encuentran muy por encima o muy por debajo de los estándares para poder efectuar los ajustes necesarios. La información proporcionada por la comparación de los resultados con los estándares junto con el proceso de reportar las diferencias a los elementos de control se denomina retroalimentación. (Figura 3). Los sistemas emplean un modelo de control básico que consiste en lo siguiente:

- Un estándar para lograr un desempeño aceptable.
- Un método para medir el desempeño actual.
- Un medio para comparar el desempeño actual con el estándar.
- Un método de realimentación.



**Figura 3: Elementos básicos de control.**

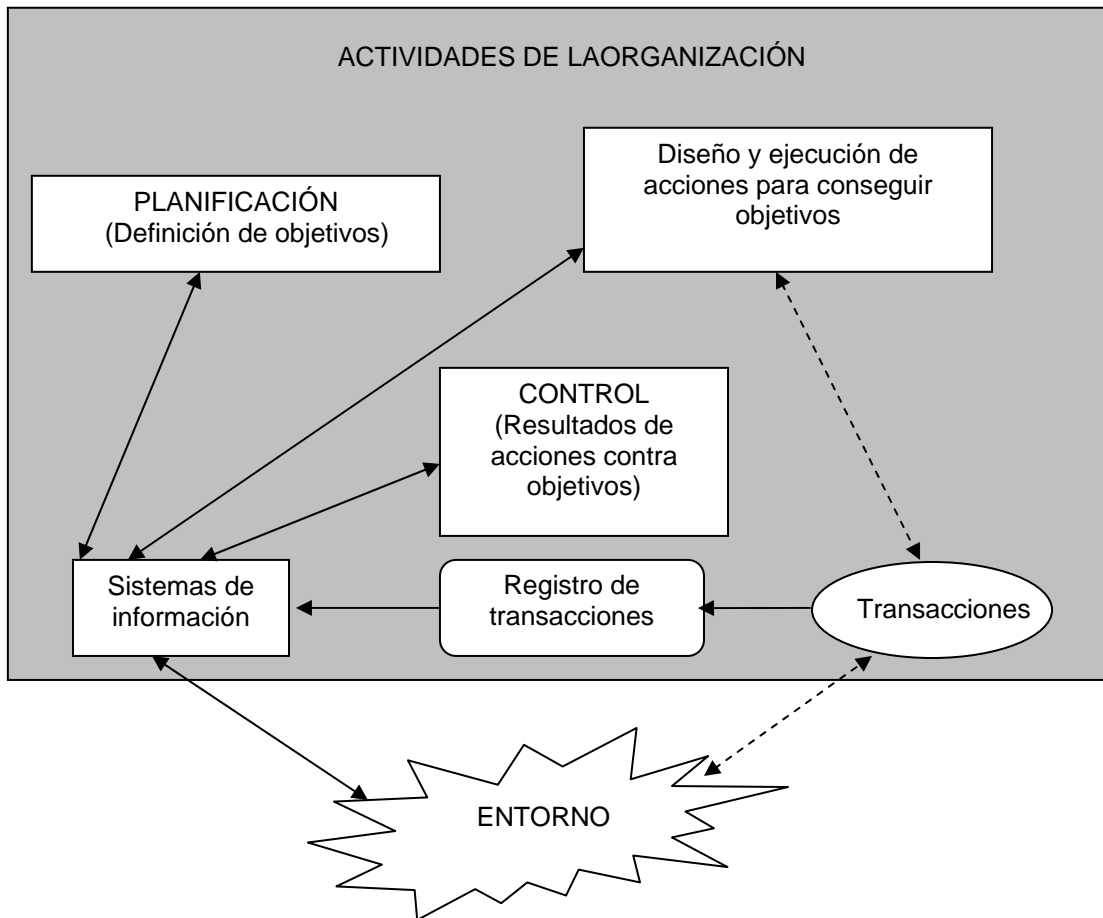
Los sistemas que pueden ajustar sus actividades para mantener niveles aceptables continúan funcionando. Los que no lo hacen dejan de trabajar.

El concepto de interacción con el entorno, que es lo que caracteriza a los sistemas abiertos, es esencial para el control. Recibir y evaluar la retroalimentación permite al sistema determinar que tan bien está operando. Cada uno de los sistemas que forman una organización tiene sus características propias del sistema general y su finalidad. Para conseguir sus objetivos cada uno debe interactuar con su entorno y no es posible prescindir de ninguna de sus entradas. Finalmente el sistema produce una salida acorde

a su finalidad. Para mantener su funcionamiento cada uno de estos sistemas deben estar bajo control. Los sistemas deben satisfacer ciertos estándares de desempeño que permita que el sistema cumpla con sus objetivos. Los gerentes y empleados vigilan constantemente los niveles de desempeño y son comparados con los objetivos planificados o productividad planificada. Si existen diferencias o la eficiencia esta por debajo de lo esperado se efectúan los cambios necesarios En este sentido los sistemas son autorregulables y autoajustables. Si los ajustes internos no son satisfactorios entonces es probable que haya que ajustar el entorno.

El desarrollo de sistemas esta formado por dos grandes componentes, el análisis de sistemas y el diseño de sistemas. El análisis y diseño de sistemas de información tiene sus fundamentos en la teoría general de sistemas. El diseño de sistemas es el proceso de planificar, reemplazar o complementar un sistema organizacional existente. El análisis de sistema es el proceso de clasificación e interpretación de los hechos, diagnóstico de problemas y empleo de la información para recomendar mejoras al sistema. Una vez tomada la decisión se diseña un plan para implantar la recomendación. El plan incluye todas las características de diseño del sistema, tales como captura de nuevos datos, especificaciones de archivo, procedimientos de operación y necesidades de equipo y personal. El análisis de sistema especifica qué es lo que debe hacer el sistema y el diseño establece como alcanzar el objetivo. El analista especifica la forma en que va a operar el sistema y sus subsistemas, las entradas requeridas, las salidas que debe producir y los trabajos que se efectuaran tanto en las computadoras como de forma manual. Los analistas también participan en el control de los sistemas básicamente de dos formas: la primera cuando describen los elementos de control, tales como estándares y métodos para evaluar el desempeño en relación con los demás estándares para los sistemas de información que se diseñan. Al mismo tiempo, los sistemas se diseñan para proporcionar información a los directivos y usuarios que permiten a éstos determinar si los sistemas que administran operan correctamente. Incorporar mecanismos de retroalimentación es un paso esencial en el diseño ya que su inclusión permite sostener las actividades de ambos sistemas. Ninguno de los sistemas perdurará si no existe un control

adecuado. Por ello, en el modelo que se plantea en esta tesis se han contemplado ideas y técnicas utilizadas en el control y administración de redes de ordenadores, que se describirán más adelante en este capítulo.



**Figura 4: El papel de los SI. en la organización.**

En una primera aproximación un SI es un sistema encargado de coordinar los flujos y registros de información necesarios para llevar a cabo las funciones de la empresa de acuerdo con su planteamiento o estrategia de negocios. Desde un punto de vista general estas funciones dan lugar a actividades de planificación, diseño y ejecución de acciones para conseguir objetivos y actividades de control. Mucha información relevante para estas actividades puede obtenerse del registro de transacciones de actividades operativas básicas de toda actividad empresarial y que a menudo involucran interacciones de la empresa con su entorno. (Figura 4)

### **2.3 Tecnología de la información y sistemas de información**

Los continuos avances en tecnología de computadores y comunicaciones tienen un efecto profundo sobre la forma de trabajar. El uso cada vez más extenso de los sistemas de información está cambiando la naturaleza propia de la sociedad que hace uso de ellos. Nuestra economía esta basada en la información y el desarrollo de sistemas de información han jugado un papel muy importante en la evolución de la nueva economía. Aunque muchas actividades y recursos de las organizaciones se han dedicado desde hace mucho tiempo a la adquisición y tratamiento de la información, la aparición de los ordenadores ha extendido enormemente la capacidad de procesar la información. Los SI basados en ordenadores han influido sobre las organizaciones de todo tipo y tamaño.

Los SI han llevado a cabo los cambios en cuatro aspectos fundamentales: las personas trabajan de manera más inteligente, hay un cambio global en el concepto de industria, las ideas y la información están tomando mayor importancia y las personas que trabajan con la información dominan la fuerza del trabajo. El aspecto más importante de cualquier sistema es la experiencia humana y el empleo de ideas para aprovechar la tecnología, con la finalidad de que las computadoras lleven a cabo las tareas necesarias. Este proceso es esencialmente la parte medular del desarrollo de sistemas.

Un SI basado en computadora debe funcionar de manera apropiada, ser fácil de utilizar y adecuarse a la organización para la que fue diseñado. Si el sistema ayuda a las personas a trabajar con mayor eficiencia entonces lo utilizaran de lo contrario lo evitaran. La utilización adecuada de los SI y las tecnologías pueden proporcionar a la empresa ventajas competitivas. Estas ventajas producto de la utilización de los SI y las nuevas tecnología para mejorar aspectos de la empresa pueden ser tan variadas como obtener posiciones preferenciales en transacciones a cambio de un intercambio de información, mejorar la logística de la empresa realizando una utilización más óptima de los recursos o proporcionar a los clientes una atención personalizada. El SI es un elemento más en la infraestructura de gestión y debe ser consistente con los demás sistemas que la integran, como planificación, control, incentivos o la propia estructura organizativa. La tecnología de la información (TI en adelante)

juega un papel importante no sólo como implementación de partes del SI, sino por las oportunidades que por sí abre a la empresa.

La finalidad de un SI, como cualquier otro sistema, es procesar entradas, mantener ficheros de datos relacionados con la organización y producir información, reportes y otras salidas. Los sistemas de información están formados por subsistemas que incluyen hardware, software, medios de almacenamiento de datos para archivos y base de datos. El conjunto particular de subsistemas utilizados; equipo específico, programas, archivos y procedimientos; es lo que se denomina una aplicación de sistemas de información. De esta manera un sistema de información puede tener aplicaciones en múltiples campos.

Los sistemas de información pueden estar basados en ordenadores o no. Muchos sistemas de información no están basados en ordenador. Estos pueden ser muy flexibles, porque los procedimientos manuales de procesado de datos son relativamente sencillos y fáciles de cambiar. Los sistemas basados en ordenador son complejos y a menudo se los ve como sistemas rígidos y difíciles de cambiar. Los sistemas de información existieron mucho antes del desarrollo de las computadoras electrónicas. Sin embargo, la explosión de información y la necesidad de procesar grandes cantidades de datos para extraer pequeñas cantidades de información han contribuido a incrementar la importancia de los sistemas de información basados en computadora. Naturalmente estos sistemas existen gracias a la alta velocidad de procesamiento de las computadoras. Los aspectos técnicos de las computadoras han añadido un nuevo conjunto de problemas al desarrollo de sistemas de información. Las computadoras son máquinas de diseño arbitrario para la mayoría de los usuarios, difíciles de comprender. Esto significa que el diseño y la implementación de sistemas caracterizados por el procesamiento de la información mediante computadoras son más difíciles que el diseño de un sistema manual. Un sistema automatizado ha de ser claramente definido antes de la conversión, de tal forma que puedan desarrollarse los programas de computación necesarios para procesar los datos. En contraste, puede suceder que los sistemas manuales nunca estén completamente documentados; los individuos simplemente cambian sus actuales procedimientos de procesamiento de la información. Así mismo, suele ser sencillo alterar estos

procedimientos manuales en poco tiempo; algo muy difícil de lograr en los sistemas computarizados.

Administrar los sistemas de información manuales es generalmente una tarea sencilla. Puede ser necesario diseñar otros formatos de papel para registrar o efectuar nuevos cálculos, pero existe poca incertidumbre en la administración del proyecto. Por el contrario, el desarrollo de sistemas de información basados en computadoras trae consigo considerable incertidumbre. Se ha registrado una notable serie de fracasos en el logro de los objetivos y especificaciones de los sistemas en el plazo previsto y con el presupuesto inicialmente asignado. La elaboración de un SI manual generalmente forma parte del propio diseño en cuestión; esto es, los individuos simplemente modifican o incrementan sus presentes tareas. Sin embargo, los sistemas de cómputo requieren mayor entrenamiento y a menudo obligan a cambios sustanciales por parte de los usuarios. La influencia que tienen en la organización los sistemas manuales es generalmente mínima; los trabajadores pueden realizar cambios en los procedimientos fácilmente comprensibles. Los sistemas de información basados en computadoras pueden requerir cambios de importancia en el comportamiento de los usuarios.

Casi todos los sistemas computarizados conducen al uso de nuevas técnicas de entrada; el uso de nuevas formas o terminales y nuevas salidas, en forma de informes impresos en papel o despliegues en pantalla. Algunos sistemas de cómputo son lo suficientemente importantes incluso, para generar cambios en la estructura de la organización. El proceso de desarrollo del sistema puede demostrar la necesidad de cambios o realización de nuevas tareas, proporcionando la información que debe utilizarse en esas actividades.

Los sistemas de información manuales son muchos más flexibles ya que es más fácil cambiar los sencillos procedimientos manuales. La realización de cambios en los sistemas de información basados en computadoras requiere muchos meses, por lo que suelen ser menos flexibles.

Hay una característica que comparte casi todas las organizaciones: la necesidad de obtener y analizar la información y emprender alguna acción basada en su interpretación. En general el campo de los sistemas de

información se relaciona con el uso efectivo de la tecnología de la información en una organización.

Los SI pueden ser:

- Sistemas para el procesamiento de transacciones. Sustituye los procedimientos manuales por otros basados en computadora. Trata con procesos rutinarios bien estructurados. Incluye aplicaciones para el mantenimiento de los registros.
- SI informativo. Proporciona información que será empleada en los procesos de decisión administrativos. Trata con el soporte de situaciones de decisión bien estructuradas. Es posible anticipar los requerimientos de información más comunes.
- Sistema para el soporte de decisiones. Proporciona información a los directivos para la toma de decisiones sobre situaciones particulares. Apoya la toma de decisiones en circunstancias que no están bien estructuradas.

El sistema basado en computadora más importante dentro de una organización es el que está relacionado con el procesamiento de transacciones. Los sistemas para procesamiento de transacciones tienen como finalidad mejorar las actividades rutinarias de una empresa y de las que dependen toda la organización. Una transacción es cualquier suceso o actividad que afecta a toda la organización. Las transacciones más comunes incluyen facturación, entrega de mercancías, pago a empleados y depósito de cheques. Los tipos de transacciones cambian en cada una de las diferentes organizaciones. Sin embargo, la mayor parte de las compañías procesan dichas transacciones como una mayor parte de sus actividades cotidianas. Las empresas de mayor éxito llevan a cabo este trabajo de una forma ordenada y eficiente. El procesamiento de transacciones, que es el conjunto de procedimientos para el manejo de estas, incluye entre otras, las siguientes actividades: cálculos, clasificación, ordenación, almacenamiento y recuperación y generación de resúmenes. Todas estas actividades forman parte del nivel operacional de cualquier organización. El estudio de un grupo de organizaciones también muestra la existencia de características similares entre ellas como su volumen de transacciones, gran similitud de transacciones, los procedimientos para el procesamiento de transacciones están bien comprendidos y se pueden



describir con detalle y existen muy pocas excepciones a los procedimientos normales. Estas características permiten establecer rutinas para el manejo de transacciones. Las rutinas describen qué buscar en cada transacción, los pasos y procedimientos a seguir, y lo que debe hacerse en caso de que se presente una excepción. Los procedimientos para el proceso de transacciones se denominan procedimientos de operación estándar y en él se definen las actividades que deben realizar tanto el usuario como el sistema. Los procedimientos forman parte del software de la computadora donde está implantado el sistema. El gran volumen de transacciones precisas asociadas con el nivel operativo de una organización junto con la capacidad de los administradores para desarrollar los procedimientos específicos para manejarlos conduce con bastante frecuencia a la implantación de ayuda asistida por computadora. Las organizaciones buscan este tipo de ayuda porque necesitan desarrollar formas más eficientes y eficaces para procesar los datos de una transacción. Los procedimientos forman parte de los programas de computadora que controlan la entrada de datos, el procesamiento de los detalles y la presentación de los datos y la información. Los sistemas de procesamiento de transacciones brindan velocidad y exactitud; además se pueden programar para seguir rutinas sin ninguna variación.

Los sistemas de transacciones están orientados a operaciones. En contraste los sistemas de información administrativa (MIS) ayudan a los directivos a tomar decisiones y resolver problemas. Los directivos utilizan los datos almacenados como consecuencia del procesamiento de las transacciones, pero también emplean otra información. En cualquier organización hay que tomar decisiones sobre muchos asuntos que se presentan con regularidad y para hacerlo se necesita cierta información. Dado que los procesos de información están totalmente definidos, entonces se puede identificar la información necesaria para formular las decisiones. Cada vez que se necesita la información, esta se prepara y presenta en una forma y formato diseñados con anterioridad. Los especialistas en sistemas de información describen las decisiones apoyadas en estos sistemas como decisiones estructuradas. El aspecto estructurado se refiere al hecho de que los administradores conozcan de antemano los factores que deben tenerse en cuenta para tomar las

decisiones así como las variables con influencia más significativa sobre el resultado de una decisión (buena o mala). Así mismo, el sistema entrega informes bien estructurados, que contienen la información necesaria para las decisiones o que indican el estado de las variables más importantes.

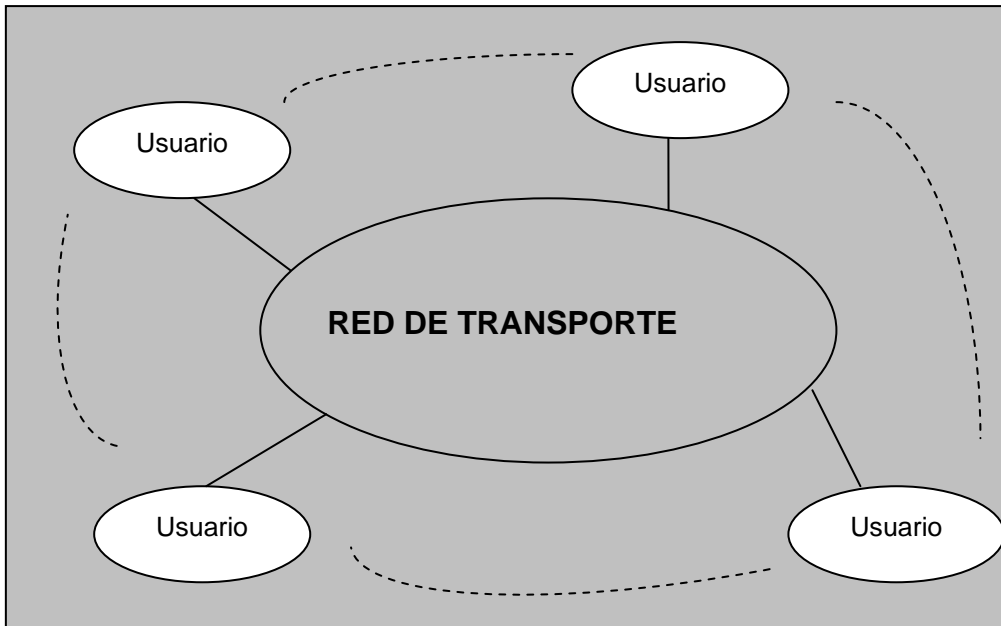
No todas las decisiones son de naturaleza recurrente. Algunas se presentan solo una vez o escasamente. Los sistemas para el soporte de decisiones (DDS) ayudan a los directivos que deben tomar decisiones no muy estructuradas, también denominadas no estructurada o decisiones semiestructuradas. Una decisión se considera no estructurada si no existen procedimientos claros para tomarla y tampoco es posible identificar con anticipación, todos los factores que deben considerarse en la decisión. Un factor clave en el uso de estos sistemas es determinar la información necesaria. En situaciones bien estructurada es posible identificar esta información con anticipación, pero en un entorno no estructurado resulta difícil hacerlo. Conforme se adquiere la información, puede ocurrir que se necesite más información, es decir tener información puede conducir a otros requerimientos. En consecuencia los sistemas para el soporte de decisiones deben tener una flexibilidad mayor que la de los demás sistemas de información. El usuario debe ser capaz de solicitar informes definiendo su contenido y especificando la forma para producir la información. Los datos necesarios para generar la información pueden encontrarse en diferentes archivos o base de datos más que en un solo archivo maestro, que es el caso frecuente en los sistemas de transacciones y muchos otros que generan informes. El criterio de los directivos tiene un papel importante en la toma de decisiones donde el problema no es estructurado. Los sistemas para el soporte de decisiones ayudan pero no reemplazan el criterio directivo.

El modelo de computación ubicua, tal y como se verá más adelante, posee las bases para construir SI complejos en los que podemos identificar características de los tres tipos descritos.

### **2.3.1 El transporte de los datos.**

Tal y como dice Andreu, un SI es un conjunto formal de procedimientos operando sobre un conjunto de datos estructurados de acuerdo a las necesidades de la empresa. El SI recopila, elabora y distribuye la información

necesaria para la operación de la empresa. Si bien el SI basado en las TI es “más pesado de mover”, aporta grandes ventajas. La TI juega un papel importante, automatizando la recopilación de datos de forma que tenga el formato adecuado y la cantidad necesaria, no permitiendo que esto no sea así. Además permite la entrada de datos cooperantes desde varias fuentes y de distinta naturaleza. A continuación se procesan los datos recopilados obteniendo la información necesaria para el funcionamiento de la empresa. Una vez definido y depurado el procedimiento para el procesamiento de los datos, éste siempre será el mismo. Una vez definido el automatismo, los datos son transformados de la misma manera. La información obtenida es distribuida a los usuarios que los necesite para ejercer sus responsabilidades. Hay varias cuestiones asociadas a la distribución de la información que deben ser tratadas con gran cuidado. Por un lado quien distribuye la información debe hacerlo a todos los usuarios que lo necesiten y solo a los que lo necesiten. Es decir, debe ser completa y confidencial. Por otro lado debe estar actualizada en todos sus miembros. El concepto de distribución de la información tiene un valor añadido cuando esta se basa en la TI. Realmente no es necesario distribuirla, sino ponerla disponible de forma que pueda ser consultada en cualquier momento y solo por aquellos que están autorizados a hacerlo. De esta manera cualquier cambio realizado estará disponible para ser consultada. Este lugar donde se encuentra disponible la información para ser consultada por los usuarios se suele llamar repositorio. La TI juegan un papel importante en el tratamiento y distribución de los datos cuando el SI no es un sistema geográficamente monolítico sino que puede ser un SI disperso, bien porque los usuarios están en localizaciones remotas o porque la actividad de la empresa se realiza en lugares diversos y dispersos. En este caso hay que llevar la información necesaria para la realización de la actividad hasta el lugar donde se realiza y recoger los resultados de esa actividad.



**Figura 5: Acceso a la información**

La combinación de estos dos requerimientos proporciona la sensación que la información se encuentra en el sistema y no en un lugar en concreto (Figura 5).

## **2.4 Sistemas de información con subsistemas móviles**

### **2.4.1 Computación móvil**

La computación móvil se puede definir como una serie de dispositivos y equipos portátiles, hardware, que utilizan la computación para realizar su tarea. Aunque hace unos años no era común encontrarse a alguien con el ordenador bajo el brazo, ahora ya no es extraño. La computación móvil es cada vez más un medio de trabajo, y en algunos casos es “el medio de trabajo”. La evolución de la computación móvil la ha llevado a campos de los más variados, incluso en lugares donde hasta hace unos años era impensable. Ejemplos de aplicaciones de computación móvil son en medicina donde se puede mantener a un paciente en vigilancia continua, ventas directas, donde es posible consultar inventarios, precios y realizar pedidos de forma inmediata, personal móvil cuyo trabajo no se realiza un lugar definido, etc. Aunque se pueda pensar que la computación móvil solo es poseer el hardware adecuado, la realidad es que el flujo de información no cesa tan pronto el trabajador abandona el

escritorio. La computación móvil ha cambiado la naturaleza del trabajo de los profesionales móviles. (Azara, 1999).

En entornos de computación tradicional los usuarios trabajan en computadores que están conectados a otros computadores, a redes y a servidores mediante cables. El uso de los ordenadores está limitado por la necesidad de estar unidos a los cables y resulta difícil moverse con ellos. Para superar esta limitación surge la computación móvil, un modelo diseñado para trabajadores que se mueven fuera del ámbito de la oficina o cualquier persona que se encuentre fuera de su casa. La idea es trabajar con dispositivos móviles mientras dure la batería. Para cubrir esta necesidad se fue reduciendo el tamaño de los computadores para facilitar su transporte, pasando del computador de sobremesa a computador personales cada vez más pequeños, tales como las PDAs (asistentes personales electrónicos) y otros terminales de manos que han ido apareciendo. Con el paso del tiempo estos dispositivos móviles fueron más ligeros y con más prestaciones tanto en velocidad de procesamiento como en almacenamiento. De esta manera se trabaja con él durante el día y al final de la jornada se puede cargar o descargar la información desde un computador de sobremesa en un proceso que se denomina sincronización. Esta evolución proporciona al usuario movilidad en las tareas de computación pero no lo libera de los cables. Para liberar al usuario de los cables se utiliza una tecnología ya usada en transmisiones por radio, TV y teléfonos desde hace mucho tiempo, las comunicaciones inalámbricas.

La utilización de las transmisiones inalámbricas con dispositivos móviles da lugar a la computación móvil inalámbrica. Esto va a permitir conexiones en tiempo real entre dispositivos móviles y otros entornos de computación. Esta forma de computación ha revolucionado el uso de los computadores, extendiendo el lugar de la computación y utilizándose en muchísimos campos. Este modelo de computación nos lleva al concepto de ubicuidad, la computación esta disponible en cualquier lugar y en cualquier momento. Actualmente cuando se habla de computación móvil se está hablando de computación móvil inalámbrica.

Por lo tanto la computación móvil tiene dos grandes características que la diferencia de otras formas de computación: movilidad y largo alcance. La movilidad implica portabilidad. La computación móvil se basa en que los usuarios transportan un dispositivo móvil con el que puede iniciar cualquier contacto en tiempo real con otros sistemas. El largo alcance hace referencia a que los usuarios pueden conectarse en cualquier momento. Estas dos características proporcionan cinco atributos de valor añadido: ubicuidad, conveniencia, conectividad instantánea, personalización y localización de los productos y los servicios.

### **2.4.2 Sistemas de Comunicaciones Móviles**

Cuando los usuarios del SI se desplazan, pierden su conexión a la red corporativa de la empresa y por lo tanto su conexión con el SI. Si es necesario estar conectado incluso en situaciones de movilidad es necesario la utilización de tecnología de comunicación inalámbrica, para mantener al usuario conectado. Para utilizar tecnología inalámbrica existen varias posibilidades dependiente fundamentalmente de la cobertura que se quiera alcanzar y la necesidad de estar siempre conectado o tener la disponibilidad para conectarse cuando sea necesario.

#### **2.4.2.1 Sistemas de Radio**

La utilización de las ondas radioeléctricas se reveló desde hace mucho tiempo como el único medio eficaz de establecer comunicaciones con puntos móviles, y lo seguirá siendo durante mucho tiempo, ya que las ondas de radio gozan de la propiedad de salvar obstáculos, y el resto de las interacciones conocidas por la física actual no pueden propagarse a grandes distancias. Desgraciadamente el espectro radioeléctrico es un recurso limitado cuya utilización racional solo ha sido posible mediante reglamentación muy estricta que permite la optimización de la asignación de frecuencias. Los primeros sistemas diseñados en los años 20 asignaban a cada vehículo un canal de radio permanente que quedaba totalmente inactivo durante los silencios del vehículo correspondiente. Tal despilfarro de recursos fue posible porque la única ocupación del espectro era la que hacían las emisoras de radiodifusión. A partir de los años 60, con la proliferación de las cadenas de radio, televisión, el uso cada vez más frecuente

de los radio enlaces de microondas, los enlaces de satélite, etc, la ocupación del espectro preocupaba ya de tal manera, que la telefonía móvil se vio obligada a evolucionar hacia sistemas basados fundamentalmente en un aprovechamiento mejor del espectro disponible.

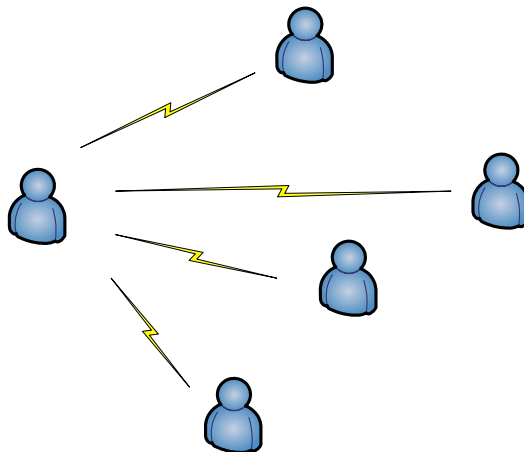
Hasta la aparición de los sistemas de radio celulares, los sistemas de radio privada (PMR en adelante) eran la única forma de comunicarse en movimiento. Los sistemas de radio celulares han convertido al PMR en un sistema con una operación y prestaciones anticuadas. Sin embargo hay aplicaciones en las que no está claro las ventajas de la radio celular sobre el PMR. Por ejemplo un servicio de emergencia tiene garantizada sus comunicaciones a través de PMR mientras que con sistemas de radio celulares tienen que esperar si el sistema está ocupado. Aún así los usuarios PMR desean los beneficios de servicios que proporcionan las radios celulares, como la interconexión al sistema telefónico.

Un sistema PMR se caracteriza por las siguientes propiedades:

- Operación pulsar-hablar, aunque es posible la transmisión simultánea en ambos sentidos (full duplex) para la interconexión con la telefonía.
- Todos los grupos de usuarios son informados, aunque se puede realizar llamadas selectivas.
- Están controlado por un gestor (dispatcher), aunque es posible sin él.

Históricamente, los usuarios de PMR han sido los servicios de emergencia, el transporte por carretera y por tren y operadores comerciales, como las compañías eléctricas o del gas, taxi, etc. Estos usuarios han visto el crecimiento explosivo de los servicios de radio celulares, donde sus usuarios tienen una gran cobertura, alta calidad y gran cantidad de facilidades a bajo coste. Pero como dijimos los sistemas de radio celulares no proporcionan todas las facilidades que los usuarios PMR necesitan. La tendencia fue añadir facilidades a los sistemas PMR tradicionales para que los usuarios tengan los servicios que tienen en la radio celular. Hay un decremento de la economía de escala debido al paso de usuarios PMR a los sistemas de radio celular y será un competidor tecnológico mediante la adición de características PMR al sistema de radio celular.

Los sistemas PMR pueden ser de distintos tipos dependiendo de las necesidades de los usuarios. El PMR simple, es la infraestructura más sencilla. Consta de una radio que transmite en un canal dado cuando el usuario aprieta el pulsador de transmisión y habla. Cualquiera en alcance y con una radio similar sintonizada en el mismo canal oirá lo se está diciendo. Con transmisores de radio con unos pocos vatios de potencia proporciona comunicación entre grupos de personas en distancia de unos pocos kilómetros.

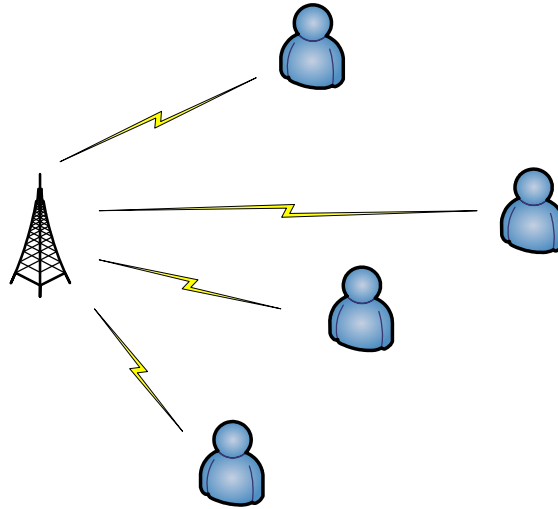


**Figura 6: Disciplina de comunicación en PMR simple.**

Este tipo de operación PMR es útil para comunicaciones sobre áreas limitadas y no dependen de ninguna infraestructura fija. Este modo de operación se conoce como operación simple en frecuencia única: frecuencia única porque se utiliza una única frecuencia para transmitir y recibir; simple ya que las radios no pueden enviar y recibir al mismo tiempo. Este tipo de radios necesitan una disciplina entre los transmisores ya que si dos transmiten simultáneamente, no escuchan al otro y los demás reciben dos señales que pueden volverse inteligibles. Además no es posible interrumpir a alguien que está transmitiendo. Este tipo de PMR siempre es necesario y sus usuarios típicos son aquellos que necesitan comunicarse entre los miembros de un grupo pequeño en un área limitada. El alcance está limitado y no es válido para muchas aplicaciones. Para mejorar el alcance se utiliza una estación repetidora situada a una gran altitud, generalmente la cima de una montaña, con su antena montada en mástil. Si la propagación hacia y desde la estación repetidora es muy buena se puede llegar a un alcance de muchas decenas de kilómetros. Los usuarios se



comunican a través del repetidor que recibe la señal y la retransmite y es recibida por el resto de los usuarios.



**Figura 7: Disciplina de comunicación PMR con estación repetidora.**

Como el repetidor tiene que emitir y recibir simultáneamente se deben usar dos frecuencias distintas. Un terminal de radio que normalmente está en modo recepción tiene que cambiar su frecuencia para transmitir. Esta operación se conoce como modo semiduplex (half-duplex) en dos frecuencias, mientras que la del repetidor es modo full-duplex con dos frecuencias. Este modo de operación requiere igualmente la disciplina de los transmisores para evitar la transmisión de más de uno simultáneamente.

Incluso con un repetidor en la cima de una montaña, el área de cobertura puede no ser suficiente. En este caso se puede usar otro repetidor en otra cima y operar a diferentes frecuencias. En muchas ocasiones el rendimiento obtenido del repetidor es bajo debido a su poca utilización. En estos casos puede ser utilizado por otro grupo de usuarios. Para evitar que las transmisiones de un grupo sean recibidas por los otros grupos, se utiliza un tono diferente para cada grupo y el terminal del receptor solo se activa si recibe el tono correcto. Este tono se emite bien fuera de la banda audible o bien en la banda audible y luego es filtrada. Esto se conoce como CTCSS (Continuously tone-coded subaudible squelch). En los terminales se utiliza una señal de

ocupado para evitar la utilización del sistema por más de un transmisor simultáneamente.

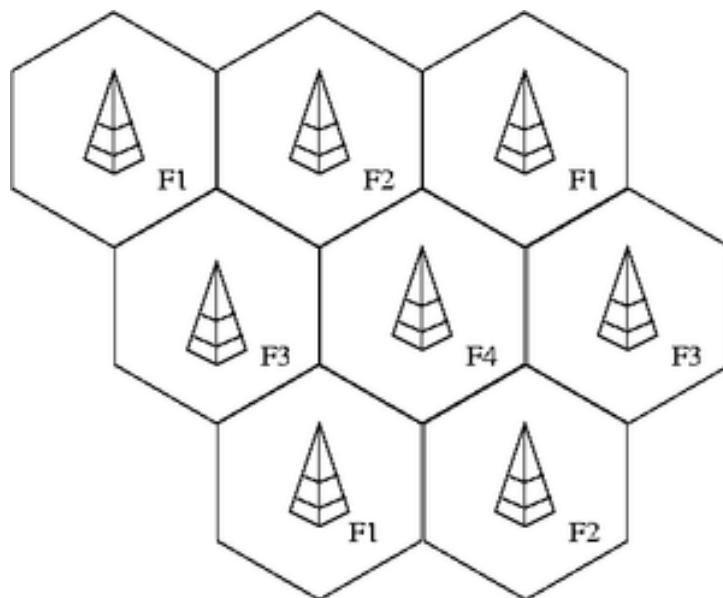
El primer avance significativo fue la introducción del trunking automático. El sistema trunking consiste en la asignación de un canal libre existente dentro de un conjunto de canales disponibles, y que se mantiene solamente durante el tiempo que el canal esté siendo utilizado en la conversación, pasando al estado de disponible para otro usuario cuando haya terminado la conversación que se desarrollaba a través de él. De este modo el número de canales que hay que instalar y que ocupar en el espectro se reduce notablemente. Cuando el sistema gana inteligencia y la asignación de canal se realiza de manera automática, sin la intervención de un operador humano, nos encontramos con el trunking automático. El trunking es el método adoptado para compartir recursos entre un número de usuarios. Una aplicación muy conocida de este método es la telefonía. Utiliza el principio que no es rentable económicamente ni necesario tener una línea por cada abonado entre dos localizaciones. Se proporciona un conjunto de líneas de larga distancia, líneas troncales. Dado un número de líneas se calcula la probabilidad de que un usuario no pueda realizar una llamada, la probabilidad de quedar bloqueado. Esta solución también se utiliza en sistemas de transmisión por radio. Se reserva uno de los canales como canal de control y el resto como canales de tráfico. Cuando un usuario quiere transmitir es solicitado a través del canal de control. La solicitud llega a la estación base que asigna un canal de tráfico a esa comunicación.



Figura 8: Infraestructura radio trunking.

Cuando acaba, el canal de tráfico es liberado y queda disponible para otra comunicación (Figura 8). La ventaja del trunking es la gran cantidad de usuarios que reciben un servicio tan bueno como si tuviera un canal individual dedicado, utilizando muchos menos canales. Lógicamente la eficiencia del trunking se incrementa cuando el número de canales aumenta. La desventaja del sistema trunking es el tiempo necesario para solicitar un canal y conmutar a él. Otra desventaja es que si se ocupan todos los canales de tráfico no se puede transmitir.

Tetra ha sido una iniciativa para introducir un estándar de radio trunking digital. Es un intento de proporcionar todas las facilidades que proporciona los sistemas de radio PMR de la forma más eficiente e imitando la estrategia del GSM. El punto de comienzo de esta implementación daba un gran juego a los fabricantes. Ha habido grandes dificultades para la optimización de las facilidades y la estandarización y aceptación. El resultado ha sido la unión de las soluciones de los distintos fabricantes. Este sistema es utilizado por operadores públicos, usuarios de seguridad pública y compañías de transporte, de los cuales algunos están migrando a sistemas celulares.



**Figura 9: Reutilización de frecuencias.**

### 2.4.2.2 Sistemas de Radio Celulares

La idea fundamental en que se basan los sistemas móviles celulares es la reutilización de los canales mediante la división del terreno en celdas continuas que se iluminan desde una estación base con unos determinados canales. La reutilización de frecuencias no es posible en células contiguas, pero si en otras más alejadas (Figura 9). El número de veces que un canal puede ser reutilizado es mayor cuanto más pequeñas sean las células. La red celular se compone así de un conjunto de estaciones base desplegadas por el territorio a cubrir por el servicio y están conectadas entre si o con centro de conmutación con acceso a la red telefónica pública, a la RDSI o a otra red celular móvil.



**Figura 10: Estación base GSM**

La estación base (Figura 10) que recibe al móvil con un mayor nivel de potencia es la que queda asignada al mismo. Si por la movilidad del terminal, otra estación base recibe la señal procedente de la estación móvil con un nivel de potencia superior a 3 decibelios al que esté recibiendo la estación que lo está controlando se produce la conmutación del canal y de la estación base a la que está conectada el terminal móvil. Este procedimiento se llama "handover" de potencia. Asimismo existe un handover de calidad que se realiza de manera similar al anterior pero que en vez de considerar la potencia de la señal para decidir sobre la conmutación de la estación base a la que está conectado un terminal móvil considera la calidad de la señal radioeléctrica.

En 1982 la Conferencia de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT) establece un equipo con el nombre de -Groupe Special Mobile- de aquí viene la abreviatura GSM, que desarrollare a un conjunto de estándares para una futura red celular de comunicaciones móviles de ámbito paneuropeo y recomienda la reserva de dos subbandas de frecuencias próximas a 900 Mhz para este sistema. Estas decisiones fueron tomadas para tratar de solventar los problemas que habían creado el desarrollo descoordinado de sistemas móviles celulares individualmente en los diferentes países y que eran incompatibles. Dos de estos problemas eran, el no poder disponer de un mismo terminal al pasar de un país al otro y el otro el no disponer de un mercado propio suficientemente extenso que dificulta una industria europea de sistemas móviles competitiva a nivel mundial. En 1984 empieza a surgir otro factor adicional, los sistemas celulares de la primera generación, y en particular en los países del norte de Europa, experimentan una aceptación y penetración en el mercado extraordinariamente superior a la prevista. En 1986 las cifras indicaban la saturación de la capacidad de estos sistemas para principio de la década de los 90. Los miembros del GSM que realizaban excelentes progresos en el desarrollo y acuerdo de estándares adopto la decisión de que el sistema seria digital, en lugar de analógico lo que redundaría en mejorar la eficiencia espectral, mejor calidad de transmisión, posibilidades de nuevos servicios y otras mejoras como la seguridad.

El 7 de septiembre de 1987 trece operadores de red europeos formaron un MoU (Memorandum of Understanding) para continuar con el proyecto y lanzarlo el 1 de julio de 1991. En junio de 1992 cuando aparecen los portátiles de mano. A finales de 1993 el número de operadores que habían firmado el MoU había aumentado de trece a cuarenta y cinco, entre los que estaban la mayor parte del mundo excepto América del Norte y Japón. Treinta redes GSM estaban en servicio con cerca de un millón de abonados en todo el mundo. A finales del 1994 el número de miembros del MoU había crecido a 102 operadores de red y Administraciones reguladores de Telecomunicaciones de 60 países. Actualmente la mayor parte de los firmantes del MoU no pertenecen a países europeos. Esta amplitud del mercado es la razón por la que las siglas GSM han

tomado otra acepción -Global System for Mobile communications- que es diferente de la original de 1982.

El sistema GSM permite la conexión con la red conmutada y con la RDSI (Red de servicios integrados) y permite ofrecer al usuario telefonía, transmisión de datos (hasta 9.600 bits/sg), facsímil del grupo III, conexión a sistemas de correo electrónico (X-400) y envío de mensajes cortos (alfanuméricos) que permite tanto su envío como su recepción desde un terminal móvil. Soporta igualmente otras prestaciones adicionales, como son, desvío de llamada, restricciones de llamadas entrantes o salientes, conferencias a tres, llamada en espera y otras más. La seguridad se basa en el uso de tarjeta de usuario para la autenticación de la validez de la llamada; cifrado, que facilita una confidencialidad total (voz, datos e identidad del abonado) e imposibilidad de utilización de equipos robados mediante la asignación previa de un número de serie a cada estación móvil. Las características de la actual tecnología GSM para el envío de datos inalámbricos desde cualquier lugar y en cualquier momento se pueden resumir en:

- Velocidad de transferencia de 9,6 Kbps.,
- Tiempo de establecimiento de conexión, de 15 a 30 segundos
- Pago por tiempo de conexión.

La baja velocidad de transferencia limita la cantidad de servicios que Internet nos ofrece y el pago por tiempo de conexión hace que los costos se disparen. La combinación de estos tres factores negativos hace que GSM sea una tecnología mayoritariamente utilizada para la voz y no para los datos.

La red GSM prevé unos servicios de transmisión de datos desde la fase inicial. Sin embargo, se trata de servicios con modalidad de transferencia por conmutación del circuito, modalidad de transferencia óptima en el caso en que los dos usuarios tengan que intercambiarse una cantidad significativa de datos (transferencia de ficheros o archivos) pero ineficiente cuando los datos a intercambiarse son de pequeña entidad o bien, en el caso más frecuente, el tráfico de datos es de tipo interactivo o transitorio, es decir, el tiempo de uso efectivo de los recursos de la red supone sólo una parte con respecto al tiempo total de conexión.

GPRS es una evolución no traumática de la actual red GSM: no conlleva grandes inversiones y reutiliza parte de las infraestructuras de GSM. Por este

motivo, GPRS tiene, desde sus inicios, la misma cobertura que la actual red GSM. GPRS (Global Packet Radio Service) es una tecnología que subsana las deficiencias de GSM con:

- Velocidad de transferencia de hasta 144 Kbps.
- Conexión permanente. Tiempo de establecimiento de conexión inferior al segundo.
- Pago por cantidad de información transmitida, no por tiempo de conexión.

GPRS puede combinar hasta 8 canales para transferir datos, y cada canal puede transferir a una velocidad de 10 Kbps, aproximadamente.

Para utilizar esta tecnología es necesario nuevos terminales que cuentan con diversas prestaciones en función del número de canales que utilicen. Debido a esto, contaremos con terminales 2 + 1 (que significa dos canales para recibir información y un canal para el envío), 3 + 1, 4 + 1, etc. También habrá terminales que permitirán transferir datos y mantener, al mismo tiempo, una llamada de voz. El uso de GPRS no se limita sólo a los teléfonos móviles; aparecen tarjetas PCMCIA GPRS para conectar portátiles a Internet, tarjetas para conectar el ordenador de sobremesa, etc. El uso de nuevos terminales GPRS como módem inalámbrico tienen una aplicación inmediata y evidente. Los podremos conectar a ordenadores portátiles o de sobremesa como cualquier módem, pero, evidentemente, con las ventajas de ser inalámbrico. Igualmente, los terminales GPRS nos permitirán visualizar contenidos y utilizar servicios de Internet directamente en su pantalla reducida, en una evolución continua de convergencia entre el teléfono móvil y los PDA (Asistentes Digitales Personales). Este nuevo terminal, de pantalla reducida y teclado con funciones limitadas, cuenta con conexión permanente a Internet (GPRS) y un pago por uso de servicio, no por tiempo, lo que dará lugar a nuevos servicios móviles. Cuando accedemos a servicios directamente desde nuestro terminal, la velocidad de transferencia, a diferencia de lo que puede parecer, no es el factor determinante. Tener una conexión permanente a Internet (lo que se traduce en acceder a servicios de manera casi instantánea) o el hecho de no estar pagando por tiempo de conexión son factores más relevantes que la

velocidad de transmisión. Pero, por encima de todo, lo más importante es, sin duda, poder disponer de todos esos servicios.

Los usuarios, en general, queremos servicios y no tecnología, y estamos dispuestos a pagar un precio razonable si el servicio lo merece. La tecnología no es el fin. Para la gran mayoría de personas, la tecnología es un medio para obtener servicios. Pero no hay que menospreciarla; la tecnología participa en la definición de cómo y cuáles serán los servicios.

Los servicios persiguen dos fines:

- Aumentar la calidad de vida de quien los utiliza.
- Ser eficientes: debemos obtener un beneficio; el retorno ha de ser, pues, superior al gasto.

La introducción de un servicio de datos por conmutación de paquetes, como es el GPRS, no asegura a los usuarios GSM la posibilidad de disfrutar contemporáneamente de servicios por conmutación de circuito (voz, datos). Naturalmente el uso contemporáneo de dos servicios puede llevar a una degradación de las prestaciones, en términos de rendimiento de la llamada GPRS. Con este propósito se definen tres clases de servicio:

- Clase A: Las estaciones móviles de este tipo permiten al usuario utilizar tanto una conexión por conmutación de circuito como una por conmutación de paquetes con el máximo rendimiento posible.
- Clase B: Las estaciones móviles de este tipo permiten un uso simultáneo de los servicios por conmutación de circuito y por conmutación de paquetes, con perjuicio de las prestaciones del servicio por conmutación de paquetes.
- Clase C: Las estaciones móviles de este tipo no permiten el uso simultáneo de los servicios, por tanto, el usuario que está disfrutando de un servicio no puede utilizar también otro.

Esta nueva tecnología permite desdoblarse la transmisión de voz y datos en diferentes canales que transmiten de forma paralela, permitiendo mantener conversaciones sin cortar la transmisión de datos.

Los terminales son distintos en función del uso que le vaya a dar el usuario. Móviles similares a los GSM, con visor y resolución cada vez mayor, permitiendo el uso de información escrita o gráfica de forma resumida; terminales tipo agenda electrónica, con funciones mixtas de voz y datos, y



pantallas de mayor tamaño y capacidad gráfica; terminales tipo ordenador personal de mano (PDA) con pantalla plana de mayor formato y gran capacidad gráfica; ordenadores portátiles que utilicen para la conexión inalámbrica un teléfono móvil GPRS y por último, dispositivos diversos con comunicación móvil y funciones especiales como sistemas de navegación para coches y tarjetas de comunicación inalámbrica en máquinas autoservicio.

La tecnología UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) es el sistema de telecomunicaciones móviles de tercera generación, que evoluciona desde GSM pasando por GPRS. Se espera que tenga un papel principal en las telecomunicaciones multimedia inalámbricas de alta calidad que alcanzarán a 2000 millones de usuarios en todo el mundo en el año 2010.

Es una tecnología apropiada para una gran variedad de usuarios y tipos de servicios, y no solamente para usuarios muy avanzados, UMTS ofrece:

- Facilidad de uso y bajos costos: UMTS proporcionará servicios de uso fácil y adaptable para abordar las necesidades y preferencias de los usuarios, amplia gama de terminales para realizar fácil acceso a los distintos servicios, bajo coste de los servicios para asegurar un mercado masivo.
- Nuevos y mejorados servicios: Los servicios vocales mantendrán una posición dominante durante varios años. Los usuarios exigirán a UMTS servicios de voz de alta calidad junto con servicios de datos e información. Las proyecciones muestran una base de abonados de servicios multimedia en fuerte crecimiento hacia el año 2010, lo que posibilita también servicios multimedia de alta calidad en áreas carentes de estas posibilidades en la red fija, como zonas de difícil acceso.
- Acceso rápido: La principal ventaja de UMTS sobre la segunda generación móvil (2G), es la capacidad de soportar altas velocidades de transmisión de datos de hasta 144 kbit/s sobre vehículos a gran velocidad, 384 kbit/s en espacios abiertos de extrarradios y 2 Mbit/s con baja movilidad (interior de edificios). Esta capacidad sumada al soporte inherente del Protocolo de Internet (IP), se combinan poderosamente para prestar servicios multimedia interactivos y nuevas aplicaciones de

- banda ancha, tales como servicios de video telefonía y video conferencia.
- Transmisión de paquetes de datos y velocidad de transferencia de datos a pedido: UMTS ofrece la transmisión de datos en paquetes y por circuitos de conmutación de alta velocidad debido a la conectividad virtual a la red en todo momento y a las formas de facturación alternativas (por ejemplo, pago por byte, por sesión, tarifa plana, ancho de banda asimétrico de enlace ascendente / descendente) según lo requieran los variados servicios de transmisión de datos que están haciendo su aparición.
  - Entorno de servicios amigable y consistente: Los servicios UMTS se basan en capacidades comunes en todos los entornos de usuarios y radioeléctricos de UMTS. Al hacer uso de la capacidad de roaming desde su red hacia la de otros operadores UMTS, un abonado particular experimentará así un conjunto consistente de “sensaciones” como si estuviera en su propia red local (“Entorno de Hogar Virtual” o VHE). VHE asegurará la entrega de todo el entorno del proveedor de servicios, incluyendo por ejemplo, el entorno de trabajo virtual de un usuario corporativo, independientemente de la ubicación o modo de acceso del usuario (por satélite o terrestre). Asimismo, VHE permitirá a las terminales gestionar funcionalidades con la red visitada, posiblemente mediante una bajada de software, y se proveerán servicios del tipo “como en casa” con absoluta seguridad y transparencia a través de una mezcla de accesos y redes principales.

### **2.4.3 Redes locales inalámbricas**

Una WLAN es un sistema de comunicaciones de datos que transmite y recibe datos utilizando ondas electromagnéticas y que proporciona conectividad inalámbrica de igual a igual (peer to peer), dentro de un edificio, de una pequeña área residencial/urbana. Este tipo de redes nos proporciona un sistema de comunicación muy flexible al eliminar por completo la utilización de cables. Se utiliza como complemento a las redes LAN. Las redes inalámbricas permiten una mayor movilidad por parte de los usuarios, ya que no es necesario estar conectado a un medio físico de red, sino que podemos

desplazar nuestro equipo a diferentes lugares atendiendo así nuestras necesidades.

Las redes inalámbricas presentan las ventajas:

- La movilidad que presenta este tipo de redes permite obtener información en tiempo real en cualquier parte de la organización o empresa para todo el usuario de la red. Esta obtención de la información en tiempo real supondrá una mayor productividad a la empresa y más posibilidades de servicio
- La facilidad de la instalación de este tipo de redes supone una importante ventaja en el momento de elegir esta red. En su instalación no se requiere realizar obras para tirar el cable por muros y techos.
- Otro aspecto importante de las redes inalámbricas es la flexibilidad de su uso, ya que estas nos van a permitir llegar donde el cable no puede.
- Cuando en la organización de la red se producen frecuentes cambios o el entorno es muy dinámico, el coste inicial más alto de las redes inalámbricas, a la larga tendrá su reducción de costes, además de tener mayor tiempo de vida y menor gasto en la instalación.
- Otra importante ventaja es la escalabilidad que presentan estas redes en cuanto a que los cambios en la topología de la red se realizan de forma sencilla y se tratan igual en redes grandes que en redes pequeñas.

Pero también tiene una serie de desventajas:

- El elevado coste inicial provoca en los usuarios un alejamiento para su uso en entornos profesionales. Este coste inicial se ve aún más reflejado en el bajo coste de muchas de las redes de cable. Este inconveniente cada vez es menor debido a la generalización del uso de esta tecnología.
- Las bajas velocidades de transmisión que presenta también es otro aspecto negativo para su elección. Aunque cada vez se alcanzan mayores velocidades siempre son inferiores a las transmisiones por cable.

Aunque una de las razones primordiales en la elección de una red inalámbrica es su movilidad, a menudo han de comunicarse con otros computadores que pueden ser de cualquier tipo, bien portátiles, o lo más probable, computadores

conectados a una LAN por cable. En la topología de infraestructura, mediante un dispositivo intermedio llamado punto de acceso (AP: access point) se obtiene acceso a una LAN por cable y a todos los dispositivos que estén conectados a él. En general, el campo de cobertura del punto de acceso es de 50 a 100 metros, y en una instalación grande hay muchas de estas unidades distribuidas dentro de un sitio.

La topología red ad hoc está formada por un conjunto de ordenadores portátiles que quieren comunicarse entre sí para formar una LAN autónoma. El nombre para estas redes de ad hoc se le da porque este tipo de redes se crea por demanda en un determinado instante.

En la actualidad, el mercado ofrece una gran cantidad de productos inalámbricos, cada uno de ellos creados por compañías distintas y que difieren significativamente entre sí.

En su momento se reconoció la necesidad de desarrollar normas internacionales, para regular el uso de estas redes inalámbricas. En la actualidad existen dos ramas, por una parte la desarrollada en EEUU, patrocinada por la institución IEEE, la norma 802.11, y por otro lado la europea, desarrollada por el Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeo (ETSI), conocida como HiperLAN.

Actualmente son cuatro los estándares reconocidos dentro de la familia IEEE 802.11; en concreto, la especificación 802.11 original; 802.11a (evolución a 802.11 e/h), que define una conexión de alta velocidad basada en ATM; 802.11b, el que goza de una más amplia aceptación y que aumenta la tasa de transmisión de datos propia de 802.11 original, y 802.11g, compatible con él, pero que proporciona aún mayores velocidades.

En junio del año 1997 el IEEE ratificó el estándar para WLAN IEEE 802.11, que alcanzaba una velocidad de 2 Mbit/s. El 802.11 es una red local inalámbrica que usa la transmisión por radio en la banda de 2.4 GHz, banda que está reglamentada como banda de acceso pública y en ella funcionan gran cantidad de sistemas, entre los que se incluyen los teléfonos inalámbricos Bluetooth.

Un poco más tarde, en el año 1999, se aprobó el estándar 802.11b, una extensión del 802.11 para WLAN empresariales, con una velocidad de 11 Mbit/s (otras velocidades normalizadas a nivel físico son: 5,5 - 2 y 1 Mbit/s) y un alcance de 100 metros, que al igual que Bluetooth y Home RF, también emplea

la banda de 2,4 GHz y permite mayor velocidad, pero presenta una menor seguridad, y el alcance puede llegar a los 100 metros, suficientes para un entorno de oficina o residencial.

El IEEE también ha aprobado en el año 2003 en el estándar 802.11g, compatible con el 802.11b, capaz de alcanzar una velocidad doble, es decir hasta 22 Mbit/s o llegar, incluso a 54 Mbit/s, para competir con los otros estándares que prometen velocidades mucho más elevadas pero que son incompatibles con los equipos 802.11b ya instalados, aunque pueden coexistir en el mismo entorno debido a que las bandas de frecuencias que emplean son distintas. Por extensión, también se le llama Wi-Fi.

El IEEE ratificó en julio de 1999 el estándar en 802.11a (los productos comerciales comienzan a aparecer a mediados del 2002), que alcanza una velocidad de hasta 54 Mbit/s en la banda de 5 GHz, menos congestionada y, por ahora, con menos interferencias, pero con un alcance limitado a 50 metros, lo que implica tener que montar más puntos de acceso (Access Points) que si se utilizase 802.11b para cubrir el mismo área, con el coste adicional que ello supone.

La banda de 5 GHz que utiliza se denomina UNII (Infraestructura de Información Nacional sin Licencia), que en los Estados Unidos está regulada por la FCC, el cual ha asignado un total de 300 MHz, cuatro veces más de lo que tiene la banda ISM, para uso sin licencia, en tres bloques de 100 MHz.

La norma HiperLAN está pensada para aplicaciones tanto de infraestructura como de ad hoc. HIPERLAN es un estándar global para anchos de banda inalámbricos LAN que operan con un rango de datos de 54 Mbps en la frecuencia de banda de 5 GHz. HIPERLAN/2 es una solución estándar para un rango de comunicación corto que permite una alta transferencia de datos y calidad de servicio del tráfico entre estaciones base WLAN y terminales de usuarios. La seguridad esta provista por lo último en técnicas de encriptación y protocolos de autenticación.

Las características de HIPERLAN son:

- rango 50 m.
- baja movilidad (1.4 m/s).
- soporta tráfico asíncrono y síncrono.

- sonido 32 kbit/s, latencia de 10 ns .
- vídeo 2 Mbit/s, latencia de 100 ns.
- datos a 10 Mbit/s.

Se cree que los estándares IEEE 802.11 ya han ocupado el espacio comercial para el que se diseñó HIPERLAN, aunque con menor rendimiento pero mayor penetración comercial, y que el efecto de la red instalada impedirá la adopción de HIPERLAN.

Hay ciertos aspectos muy importantes en las redes inalámbricas, como la cobertura, que la distancia que pueden alcanzar las ondas de radiofrecuencia o de infrarrojos es función del diseño del producto y del camino de propagación, especialmente en lugares cerrados. Las interacciones con objetos, paredes, metales, e incluso las personas, afectan a la propagación de la energía. Los objetos sólidos bloquean las señales de infrarrojo, y esto impone aún más dificultades a las redes inalámbricas por infrarrojos. La mayor parte de los sistemas de redes inalámbricas usan radiofrecuencia porque pueden atravesar la mayor parte de los lugares cerrados y toda clase de obstáculos. El rango de cobertura de una LAN inalámbrica típica va de 30m a 100m. Puede extenderse y tener posibilidad de alto grado de libertad y movilidad utilizando puntos de acceso que permiten navegar por toda la LAN. El rendimiento de una LAN inalámbrica va a depender, al igual que todas las redes, de una serie de parámetros como la puesta a punto de los productos, el número de usuarios, los factores de propagación (cobertura, diversos caminos de propagación, etc), el tipo de sistema inalámbrico utilizado, el retardo de la red y de los cuellos de botella de la parte cableada de la red. Estas tecnologías para redes inalámbricas se han probado durante más de 50 años en sistemas comerciales y militares. Aunque las interferencias de radio pueden degradar el rendimiento, éstas son raras en el lugar de trabajo. La mayor parte LAN's inalámbricas proporcionan un estándar de interconexión con redes cableadas como Ethernet o Token Ring. Los nodos de la red inalámbrica son soportados por el sistema de la red de la misma manera que cualquier otro nodo de una red LAN, aunque con los drivers apropiados. Una vez instalado, la red trata los nodos inalámbricos igual que cualquier otro componente de la red.

#### 2.4.4 WIMAX

Últimamente se habla mucho de Wi-Fi, una tecnología inalámbrica, que en sus diferentes versiones (802.11a, b y g) puede ofrecer desde 11 Mbit/s hasta 54 Mbit/s, y sus distintas aplicaciones, especialmente en los hot-spots (hoteles, aeropuertos, estaciones de servicio, centros de convenciones y comerciales, pueblos, etc.), en los que se ofrece acceso a Internet, en muchos casos, de forma gratuita, lo que hace que los modelos de negocio no prosperen.

Todo esto se puede ver enormemente afectado por un nuevo estándar del que se está empezando a hablar, el 802.16x, conocido como WiMAX, que es una especificación para redes metropolitanas inalámbricas (WMAN) de banda ancha, que está siendo desarrollado y promovido por el grupo de la industria WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), cuyo dos miembros más representativos son Intel y Nokia. Como sucedió con la marca Wi-Fi, que garantiza la interoperabilidad entre distintos equipos, la etiqueta WiMAX se asociará globalmente con el propio nombre del estándar.

El hecho de que WiMAX no sea todavía una tecnología de consumo ha permitido que el estándar se desarrolle conforme a un ciclo bien establecido, lo que es garantía de su estabilidad y de cumplimiento con las especificaciones, algo parecido a lo que sucedió con GSM, que es garantía de su estabilidad.

El estándar 802.16 puede alcanzar una velocidad de comunicación de más de 100 Mbit/s en un canal con un ancho de banda de 28 MHz (en la banda de 10 a 66 GHz), mientras que el 802.16a puede llegar a los 70 Mbit/s, operando en un rango de frecuencias más bajo (<11 GHz).

	Wimax 802.16	WiFi 802.11
Velocidad	124 Mb/sg	11 a 54 Mb/sg
Cobertura	40-70 Km	300
Licencia	Si/No	No
Ventajas	Velocidad / Alcance	Velocidad / Precio
Desventajas	Interferencias	Alcance

**Figura 11: Wifi versus Wimax**

Soporta varios cientos de usuarios por canal, con un gran ancho de banda y es adecuada tanto para tráfico continuo como a ráfagas, siendo independiente de protocolo; así, transporta IP, Ethernet, ATM etc. y soporta múltiples servicios

simultáneamente ofreciendo calidad de servicio (QoS) en 802.16e, por lo cual resulta adecuado para voz sobre IP (VoIP), datos y vídeo. Por ejemplo, la voz y el vídeo requieren baja latencia pero soportan bien la pérdida de algún bit, mientras que las aplicaciones de datos deben estar libres de errores, pero toleran bien el retardo.

Otra característica de WiMAX es que soporta las llamadas antenas inteligentes (smart antenas), propias de las redes celulares de 3G, lo cual mejora la eficiencia espectral, llegando a conseguir 5 bps/Hz, el doble que 802.11a. Estas antenas inteligentes emiten un haz muy estrecho que se puede ir moviendo, electrónicamente, para enfocar siempre al receptor, con lo que se evitan las interferencias entre canales adyacentes y se consume menos potencia al ser un haz más concentrado. También, se contempla la posibilidad de formar redes malladas (mesh networks) para que los distintos usuarios se puedan comunicar entre sí, sin necesidad de tener visión directa entre ellos. Ello permite, por ejemplo, la comunicación entre una comunidad de usuarios dispersos a un coste muy bajo y con una gran seguridad al disponerse de rutas alternativas entre ellos. En cuanto a seguridad, incluye medidas para la autenticación de usuarios y la encriptación de los datos mediante los algoritmos Triple DES (128 bits) y RSA (1.024 bits).

Una de las principales limitaciones en los enlaces a larga distancia vía radio es la limitación de potencia, para prever interferencias con otros sistemas, y el alto consumo de batería que se requiere. Sin embargo, los más recientes avances en los procesadores digitales de señal hacen que señales muy débiles (llegan con poca potencia al receptor) puedan ser interpretadas sin errores, un hecho del que se aprovecha WiMAX. Con los avances que se logren en el diseño de baterías podrá haber terminales móviles WiMAX, compitiendo con los tradicionales de GSM, GPRS y de UMTS.

Las primeras versiones de WiMAX están pensadas para comunicaciones punto a punto o punto a multipunto, típicas de los radio enlaces por microondas. Las próximas ofrecerán total movilidad, por lo que competirán con las redes celulares. Los primeros productos que están empezando a aparecer en el mercado se enfocan a proporcionar un enlace de alta velocidad para conexión a las redes fijas públicas o para establecer enlaces punto a punto.



Así, WiMAX puede resultar muy adecuado para unir hot spots Wi-Fi a las redes de los operadores, sin necesidad de establecer un enlace fijo. El equipamiento Wi-Fi es relativamente barato pero un enlace E1 o DSL resulta caro y a veces no se puede desplegar, por lo que la alternativa radio parece muy razonable. WiMAX extiende el alcance de Wi-Fi y provee una seria alternativa o complemento a las redes 3G, según como se mire. Para las empresas, es una alternativa a contemplar, ya que el coste puede ser hasta 10 veces menor que en el caso de emplear un enlace E1 o T1. De momento no se habla de WiMAX para el acceso residencial, pero en un futuro podría ser una realidad, sustituyendo con enorme ventaja a las conexiones ADSL, o de cable, y haciendo que la verdadera revolución de la banda ancha llegue a todos los hogares. Otra de sus aplicaciones encaja en ofrecer servicios a zonas rurales de difícil acceso, a las que no llegan las redes cableadas. Es una tecnología muy adecuada para establecer radio enlaces, dado su gran alcance y alta capacidad, a un coste muy competitivo frente a otras alternativas. En los países en desarrollo resulta una buena alternativa para el despliegue rápido de servicios, compitiendo directamente con las infraestructuras basadas en redes de satélites, que son muy costosas y presentan una alta latencia.

La instalación de estaciones base WiMAX es sencilla y económica, utilizando un hardware que llegará a ser estándar, por lo que por los operadores móviles puede ser visto como una amenaza, pero también, es una manera fácil de extender sus redes y entrar en un nuevo negocio en el que ahora no están, lo que se presenta como una oportunidad.

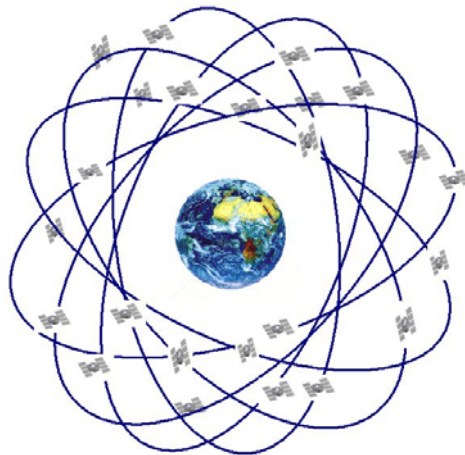
Algunos operadores de LMDS (Local Multipoint Distribution System) están empezando a considerar esta tecnología muy en serio y ya han comenzado a hacer despliegues de red, utilizando los elementos que hoy por hoy están disponibles. Hay que esperar el resultado de estas pruebas para confirmar su aceptación por el global de la industria y de los usuarios.

## ***2.5 Sistemas de Navegación por Satélite***

### **2.5.1 GPS**

El Global Positioning System (GPS) o Sistema de Posicionamiento Global originalmente llamado NAVSTAR, es un Sistema Global de Navegación por

Satélite (GNSS) el cual permite determinar en todo el mundo la posición de una persona un vehículo o una nave, con una desviación de cuatro metros. El sistema fue desarrollado e instalado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos. El GPS funciona mediante una red de satélites que se encuentran orbitando alrededor de la tierra (Figura 12). Cuando se desea determinar la posición, el aparato que se utiliza para ello localiza automáticamente tres o cuatro satélites de la red, de los que recibe unas señales indicando la posición y el reloj de cada uno de ellos.

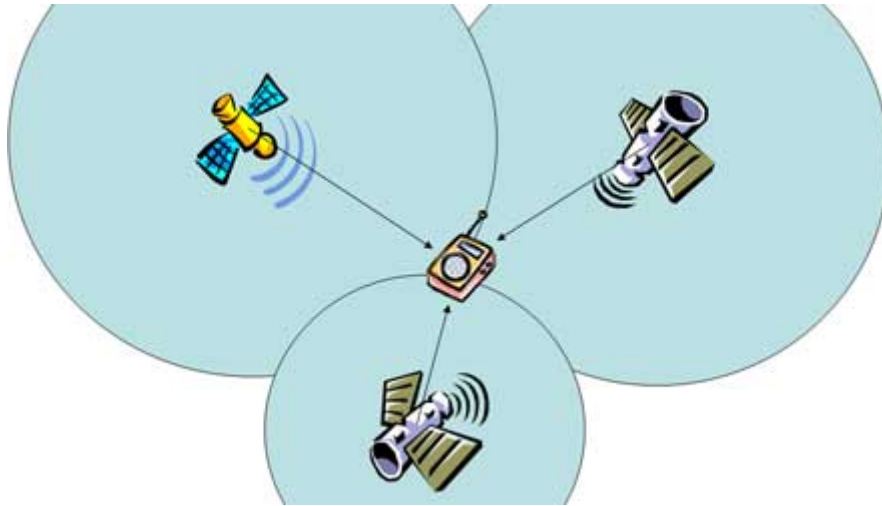


**Figura 12: Constelación de satélites GPS.**

En base a estas señales, el aparato sincroniza el reloj del GPS y calcula el retraso de las señales, es decir, la distancia al satélite. A partir de estos datos se obtiene la posición absoluta o coordenadas reales del punto de medición, y una exactitud extrema en el reloj del GPS, similar a la de los relojes atómicos que desde tierra sincronizan a los satélites. La antigua Unión Soviética tenía un sistema similar llamado GLONASS, ahora gestionado por la Federación Rusa. Actualmente la Unión Europea intenta lanzar su propio sistema de posicionamiento por satélite, denominado 'Galileo' con el objeto de evitar la dependencia de los sistemas GPS y GLONASS. El sistema Galileo iba a estar disponible en el 2008, aunque se ha anunciado que sufrirá un retraso de 2 años respecto a la fecha prevista y será funcional en el 2010. Mientras se quiere poner en funcionamiento el sistema Egnos (European Geostationary Navigation Overlay Service), un sistema de apoyo al GPS para mejorar la precisión de las localizaciones.

Un sistema GPS está formado por un sistema de satélites formado por 21 unidades operativas y 3 de repuesto en órbita sobre la tierra a 20.200 km con trayectorias sincronizadas para cubrir toda la superficie del globo y que se abastecen de energía solar. Posee estaciones terrestres que envían información de control a los satélites para controlar las órbitas y realizar el mantenimiento de toda la constelación y terminales receptores: que nos indica la posición en la que estamos, conocidas también como unidades GPS, son las que podemos adquirir en las tiendas especializadas.

El receptor GPS funciona midiendo su distancia de los satélites, y usa esa información para calcular su posición. Esta distancia se mide calculando el tiempo que la señal tarda en llegar a su posición, y basándose en el hecho de que la señal viaja a la velocidad de la luz (salvo algunas correcciones que se aplican), se puede calcular la distancia sabiendo la duración del viaje. Cada satélite indica que el receptor se encuentra en un punto en la superficie de la esfera con centro en el propio satélite y de radio la distancia total hasta el receptor. Obteniendo información de dos satélites se nos indica que el receptor se encuentra sobre la circunferencia que resulta cuando se intersecan las dos esferas. Si adquirimos la misma información de un tercer satélite notamos que la nueva esfera solo corta el círculo anterior en dos puntos. Uno de los cuales se puede descartar porque ofrece una posición absurda. De esta manera ya tendríamos la posición en 3-D. Sin embargo, dado que el reloj que incorporan los receptores GPS no está sincronizado con los relojes atómicos que incorporan los satélites GPS, sólo podemos obtener una posición en 2-D. Teniendo información de un cuarto satélite eliminamos el inconveniente de la falta de sincronización entre los relojes de los receptores GPS y los relojes de los satélites. Y es en este momento cuando el receptor GPS puede determinar una posición tridimensional, 3-D (latitud, longitud y altitud).



**Figura 13: Cálculo de la posición GPS.**

Debido al carácter militar del sistema GPS, el Departamento de Defensa de los Estados Unidos se reserva la posibilidad de incluir un cierto grado de error aleatorio que puede variar de los 15 a los 100 metros. La llamada Disponibilidad selectiva (S/A) fue eliminada el 2 de mayo de 2000. Aunque actualmente no aplique tal error inducido, el GPS ofrece por sí solo una precisión aproximada de entre 0 y 15 metros. Puede ser fuente de error en la medida del GPS, el retraso de la señal en la ionosfera y troposfera, señal multirruta, producida por el rebote de la señal en edificios y montañas cercanos, errores de orbitales, donde los datos de la órbita del satélite no son completamente precisos, número de satélites visibles, geometría de los satélites visibles y errores locales en el reloj del GPS.

El GPS diferencial, DGPS (Differential GPS), es un sistema que proporciona a los receptores de GPS correcciones a los datos recibidos de los satélites GPS. Estas correcciones, una vez aplicadas, proporcionan una mayor precisión en la posición calculada. El sistema de correcciones funciona de la siguiente manera:

1. Una estación base en tierra, con coordenadas muy bien definidas, escucha los satélites GPS.
2. Calcula su posición por los datos recibidos de los satélites.
3. Dado que su posición está bien definida, calcula el error entre su posición verdadera y la calculada, estimando el error en cada satélite.
4. Se envía estas correcciones al receptor a través de algún medio.

Existen varias formas de obtener las correcciones DGPS. Las más usadas son:

1. Recibidas por radio a través de algún canal preparado para ello, como el RDS en una emisora de FM.
2. Descargadas de Internet con una conexión inalámbrica.
3. Proporcionadas por algún sistema de satélites diseñado para tal efecto.

Para que las correcciones DGPS sean válidas, el receptor tiene que estar relativamente cerca de alguna estación DGPS, generalmente, a menos de mil kilómetros. La precisión lograda puede ser de unos dos metros en latitud y longitud, y unos tres metros en altitud.



**Figura 14: Cálculo mediante GPS diferencial.**

Además de todas las aplicaciones militares para las que el sistema fue inicialmente concebido, GPS tiene una gran variedad de aplicaciones civiles en tierra, mar y aire. Básicamente, GPS se utiliza en cualquier lugar salvo en aquellos en los cuales es imposible recibir la señal de los satélites, tales como en el interior de la mayoría de edificios, cuevas y otros lugares subterráneos o bajo el agua. En el mar, GPS también se utiliza para la navegación de los yates o barcos de pesca; en aplicaciones terrestres son más diversas, como por ejemplo geodesia, investigación climática o medida de la dinámica tectónica del planeta o en gran número de deportes de ocio, como por ejemplo caza, esquí, mountain-bike, y en general en cualquier situación en que se requiera conocer nuestra posición, ruta, dirección de movimiento o incluso velocidad. En un futuro cercano, gran parte de los vehículos llevarán instalado GPS. Algunos modelos de automóviles ya llevan instalado un pequeño ordenador de a bordo

que muestra mapas que pueden ser utilizados para determinar nuestra ruta. Por último, dada la precisión de los relojes de los satélites, éstos pueden utilizarse en algunas aplicaciones científicas. Recordemos que la información de tiempo es crítica para determinar nuestra posición a partir del retardo sufrido por la señal. Por ello, durante experimentos de recogida de datos científicos, a cada muestra de datos puede añadirse una marca de tiempo sin más que sincronizar nuestro receptor GPS con los relojes atómicos de los satélites.

### **2.5.2 Galileo**

GALILEO es un sistema de localización por satélite propuesto por la Unión Europea con apoyo de la Agencia Espacial Europea y un grupo de inversionistas privados. Pretende evitar la dependencia actual respecto del sistema GPS. Es un sistema global independiente de GPS, pero totalmente compatible e interoperable con él. Por compatible e interoperable se entiende que un receptor GALILEO podrá explotar simultáneamente las señales recibidas de los satélites GALILEO y GPS.

Sus aplicaciones serán como sistema de navegación para aviones (despegue y aterrizaje sin que intervenga el hombre), y usos para automoción, agricultura, control ferroviario, control de velocidad de vehículos, situaciones de emergencia (control de vertidos,...). Se pretenden ofertar dos clases de servicios, uno de propósito general, como el GPS con rango de exactitud de 5 a 30 m y servicios adicionales por los que habrá que pagar y que conseguirán precisiones de 1 a 10m.

Este sistema constará de 4 bandas de frecuencia, tendrá una cobertura similar a GPS y la constelación estará formada por 30 satélites. Se le va a dar al segmento de usuario la posibilidad de realizar un enlace ascendente para la transmisión de información. El sistema GALILEO tiene tres componentes que representan tres niveles de desempeño: global ofreciendo cobertura mundial, regional ofreciendo típicamente cobertura europea y local típicamente para aeropuertos o cobertura urbana. GALILEO permitirá a los proveedores Europeos de servicios espaciales un control más estrecho sobre los servicios de posicionamiento y que se verían menos afectados por las necesidades militares de NAVSTAR, que a veces queda totalmente a disposición de los propósitos militares. GALILEO revolucionará la administración del tráfico aéreo,

mejorará la calidad y seguridad de este medio de transporte en regiones del mundo donde los sistemas existentes son inadecuados, incrementará la precisión y control permitiendo la optimización del uso del espacio aéreo. Esto ayudará en gran medida a los retardos en los vuelos. Además, los conductores de camiones y autos podrán evitar congestionamientos de tráfico al reducir sus tiempos de viaje entre 15 y 25%, así como también se reducirá el consumo de combustible y emisión de contaminantes. Los servicios de emergencia llegarán más rápidamente a la escena para proveer asistencia a la gente en peligro. Las compañías de transporte serán capaces de monitorear la posición de sus vehículos o contenedores y la lucha contra el crimen será más efectiva al localizar más rápida y eficientemente los vehículos robados. La lista de aplicaciones potenciales crecerá día a día.

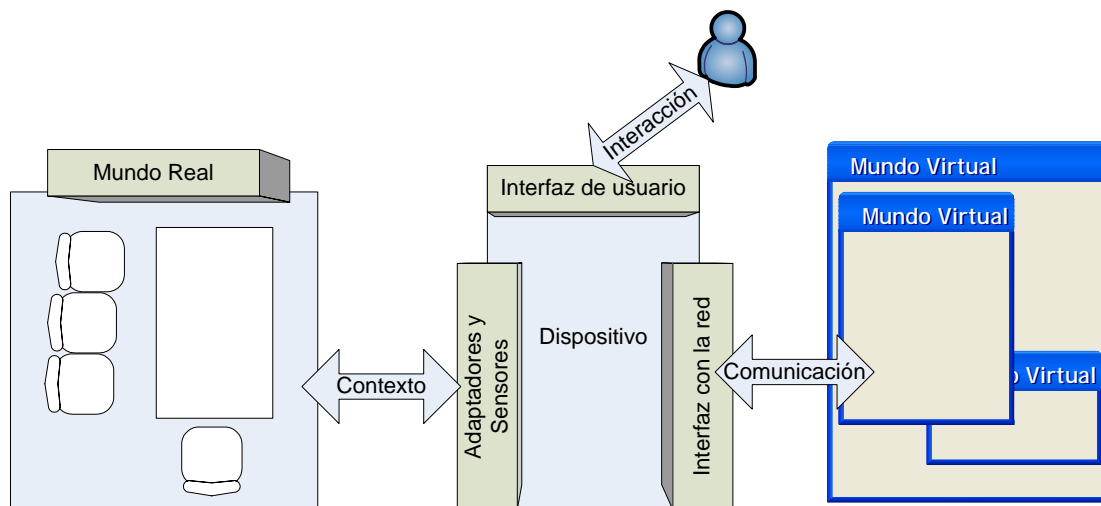
## **2.6 Computación Ubicua**

La evolución tecnológica en la miniaturización de los microprocesadores ha abierto nuevas posibilidades de servicios al usuario a través de la manipulación de la información presente en su entorno. Algunos de estos servicios que sólo eran imaginados por los aficionados a la ciencia-ficción, hoy son posibles. El campo de la computación y de los sistemas de información han entrado en una nueva era, la tercera. Los grandes sistemas informáticos fueron la primera ola, se concebían para dar servicio a muchos usuarios, con una gran complejidad de uso y un alto costo. La democratización de la computación, un hombre / una computadora, llegó en la pasada década a través de los ordenadores personales de bajo coste y cada vez más sencillo manejo. Ahora la relación original se invierte en la tercera era, la de la computación ubicua ("Ubiquitous Computing") o penetrante ("Pervasive Computing"), un individuo tendrá a su disposición multitud de dispositivos de computación que no debe manejar, estos trabajarán de manera autónoma, independientes del usuario.

En 1991 Mark Weiser (Weiser, 1991), entonces director del Centro de Investigación de Palo Alto de Xerox, postuló una visión del ordenador del siglo XXI en la que planteaba el concepto de computación ubicua, las tecnologías más profundas de siglo XXI son aquellas que desaparecen. Se introducen en la vida diaria hasta que son indistinguibles. La propuesta de Weiser se

fundamenta en que la interacción actual usuario-computadora no es la adecuada. La computadora es un dispositivo demasiado complejo, su manipulación requiere mucha dedicación exclusiva, distrayendo la atención del usuario de la tarea que tiene que realizar. Por tanto, parece lógico defender la "desaparición" de las computadoras. Entiéndase bien este término, los dispositivos de computación quedan ocultos, invisibles a los usuarios a los cuales dan servicios. Tal desaparición es una consecuencia fundamental no de la tecnología, sino de la psicología humana. Siempre que las personas aprendan algo suficientemente bien, dejan de ser consciente de ello. Solo cuando las cosas desaparecen de este modo somos liberados para que usarlos sin pensar y así concentrarnos en nuestros objetivos.

La idea de integrar computadoras de manera uniforme en el mundo corre en sentido contrario a varias tendencias actuales. Weiser pensaba que la idea de una computadora personal en si misma es errónea, es solamente un paso de transición para conseguir el potencial verdadero de la tecnología de la información. La noción de la realidad virtual, que intenta hacer un mundo dentro de la computadora es quizás lo más diametralmente opuesto a esta visión. La realidad virtual enfoca unos aparatos enormes para simular el mundo en vez de aumentar invisiblemente el mundo que ya existe.



**Figura 15: Computación ubicua.**

La oposición entre la noción de la realidad virtual y la computación ubicua e invisible es tan fuerte que se usa el término "encarnación virtual" para referirse al proceso de sacar las computadoras de sus carcasas electrónicas. La



virtualidad de los datos legibles de computación – todas las formas distintas en que pueden ser alterados, procesados y analizados – son llevados al mundo físico. Pero, ¿cómo desaparece la tecnología y pasa a un segundo plano? Weiser y su equipo considera dos asuntos de importancia crucial: la ubicación y la escala. Poco es más básico a la percepción humana que la yuxtaposición física y por lo tanto las computadoras ubicuas deben saber dónde están. (Las computadoras de hoy, por contraste, no tienen ninguna idea de su ubicación y entorno.) Si una computadora simplemente sabe en qué habitación está, puede adaptar su funcionamiento de forma significativa sin requerir indicios la inteligencia artificial. Las computadoras ubicuas también vendrán en los distintos tamaños, cada uno adecuado para una tarea particular. Weiser (Weiser 1993,1) define la computación ubicua como el método para mejorar el uso de los computadores disponiendo de muchos computadores en el entorno físico, pero que estos sean invisibles al usuario. Una buena herramienta es una herramienta invisible. Por invisible se entiende que no entra en nuestra conciencia; no es la tarea sino la herramienta. Una gafas son una buena herramienta, ves el mundo no las gafas. (Weiser 1993,3).

Estas computadoras deben conectarse entre ellas. La red que conecta estas computadoras tiene sus propios desafíos. Por una parte, velocidades de transmisión de datos para redes tanto cableadas como inalámbricas aumentan rápidamente. Por otro lado, el enlace transparente entre redes cableadas e inalámbricas es un problema a resolver. Las tecnologías actuales requerirían que un dispositivo móvil tenga tres conexiones de la red diferentes: poco alcance inalámbrico, largo alcance inalámbrico, y muy de alta velocidad cableado.

La computación ubicua significa la omnipresencia de computadores muy pequeños interconectados sin cables que se incrustan en cualquier tipo de objeto cotidiano. Usando pequeños sensores, estos procesadores podrán detectar el entorno que les rodea y proporcionar a su objeto capacidades de comunicación y procesamiento de información. De esta forma, los objetos pueden descubrir donde se encuentran, qué otros objetos se encuentran junto a ellos y lo que les ha ocurrido anteriormente. Es posible también que un objeto se comunique, coopere con otro u otros y acceda a toda clase de recursos de

Internet. Por tanto, los objetos pueden reaccionar de manera sensible al contexto y simular el funcionamiento de máquinas inteligentes sin serlo.

Esta visión de una computación ubicua e invisible suscita algunas cuestiones sociales. Quizás la clave es la privacidad. Afortunadamente, ya existen las técnicas criptográficas para asegurar los mensajes de una computadora ubicua a otra y proteger la información confidencial guardada en sistemas conectado a una red. Jim Morris de Carnegie Mellon University ha propuesto un método general atractivo para acercarse a estos asuntos: desarrolle sistemas de computadora que tengan las mismas garantías de privacidad como el mundo real, pero nada más para que las convenciones éticas serán aplicables sin considerar marco. En el mundo físico, por ejemplo, los ladrones pueden abrirse paso por una puerta con llave, pero dejan pruebas al hacerlo. Computadoras desarrolladas de acuerdo con la regla de Morris no intentarían ser completamente resistentes al intruso informático, pero serían imposibles de participar en sin dejar el equivalente digital de huellas digitales.

Las computadoras más importantes, ubicuas ayudarán superar el problema de la sobrecarga de información. Weiser dijo *“hay más información disponible en nuestra yema de los dedos durante un paseo por el bosque que la existente en cualquier ordenador”*. Aún hay mucha gente que siente frustración al utilizar un ordenador y relax al pasear entre los árboles. Máquinas que se adaptan al entorno humano sin que éste se tenga que ajustar a ellas para sacarles provecho, harán que el uso de ordenador produzca el mismo placer que un paseo por el bosque.

La computación ubicua incorpora cuatro nuevos conceptos:

- Uso eficaz de espacios "perspicaces". Se basa, en la detección del estado de un individuo y de sus necesidades, deducidas de dicho estado, se encuentre en la oficina, sala de reuniones, clase, domicilio, coche, etc. El concepto ha evolucionado respecto de la idea original. Inicialmente la arquitectura del sistema era más cercana a la de un sistema distribuido, un servidor central, gobernando el funcionamiento de un conjunto de dispositivos/clientes. Actualmente, los dispositivos tienen mayor perspicacia individual. El espacio perspicaz surge cuando varios de estos dispositivos coinciden en el mismo espacio físico e interactúan para dar soporte a los individuos que se encuentren en él. La

domótica, computación ubicua en el domicilio, es la aplicación más popular. El sistema embarcado de cada vehículo conoce donde se encuentra y que servicio se está prestando. Basándose en esta información verifica el cumplimiento del servicio ofertado a los usuarios (cumplimiento de horarios de paso por paradas), determina cuando debe realizar transferencias entre los equipos móviles y no móviles, etc.

- Invisibilidad. Actualmente, se está lejos de la propiedad expuesta por Weiser para los sistemas ubicuos, la completa desaparición de la tecnología de la consciencia del usuario. Una buena aproximación es tener presente, en el diseño de estos sistemas, la idea de mínima distracción del usuario. La invisibilidad va a requerir del cambio drástico en el tipo de interfaces que nos comunican con los computadores. Reconocimiento de voz y de gestos, comprensión del lenguaje natural y del texto manuscrito, en la dirección hombre-máquina y en el sentido contrario, síntesis de lenguaje hablado y escrito y de representaciones gráficas. Aplicando este principio hemos diseñado un modelo que no modifica el trabajo realizado por el conductor en los vehículos. La información sobre las operaciones realizadas se obtienen de la integración de la consola del conductor en el sistema embarcado.
- Escalabilidad local. Una idea que sorprende, al introducirnos es este campo por primera vez, es el antagonismo existente entre la filosofía de Internet y la de la computación ubicua. A priori, es natural pensar en la computación ubicua como un trasvase de la filosofía de Internet; cualquier servicio de computación, en cualquier sitio. Nada más alejado de la realidad. El concepto de localidad de servicios en computación ubicua es fundamental frente a la universalidad de servicios de Internet. Los usuarios disponen de capacidades asociadas al contexto en el que se encuentran. Es el caso del pago por medios de pagos inalámbricos, las consultas de los inspectores, etc.
- Ocultación de los desniveles de acondicionamiento. Dependiendo de la infraestructura y del desarrollo tecnológico disponible, la distribución de los servicios ofrecidos puede ser muy poco uniforme, en esta situación el principio de invisibilidad puede no cumplirse ya que el usuario detectaría

desagradables transiciones. Este requisito es hoy día el más alejado respecto de la situación ideal, los sistemas que incorporan computación ubicua están aislados, sin continuidad entre unos y otros. La integración de todos los dispositivos móviles dentro de la red corporativa de la organización busca la igualdad entre todos los sistemas, sean o no móviles. Es evidente que la conexión permanente de los sistemas móviles tiene un alto coste, por lo que permitimos definir que es importante y se transfiere inmediatamente, existiendo la posibilidad de obtener información no etiquetada a priori como importante para afrontar situaciones inesperadas.

La implantación de esta visión conlleva unos requisitos tecnológicos necesarios para embeber un entorno con computación. La primera distinción del tipo de necesidades sigue el binomio más famoso de la informática: "hardware / software".

Examinando los requisitos impuestos al "hardware" de los dispositivos, se distinguen fundamentalmente tres:

- Miniaturización. La invisibilidad y dotar de capacidades de computación a todos dispositivos que nos rodean hacen de la miniaturización de los microprocesadores un requisito fundamental. La situación actual de esta tecnología cubre las necesidades de la computación ubicua.
- Baja potencia. El desarrollo de los procesadores ha tenido siempre el objetivo de aumentar su rendimiento. Para las aplicaciones de computación ubicua, la necesidad de disponer de procesadores de baja potencia es prioritaria. Es necesario desarrollar microprocesadores que funcionen en un gran rango de voltajes y que estén provistos de mecanismos automáticos para el ahorro de energía.
- Conexión sin hilos. La interconexión de todos los elementos que constituyen un entorno perspícaz y la incorporación del paradigma de la computación móvil tienen como consecuencia la necesidad de establecer comunicaciones sin hilos. Aquí surge el desafío de desarrollar el soporte físico para unas comunicaciones con un gran ancho de banda. Este campo es muy activo en investigación y desarrollo ya que ésta tecnología permitirá el avance en otros campos en las telecomunicaciones y los sistemas de información.

El software de los dispositivos que componen un sistema de computación ubicua debe presentar características orientada en dos direcciones, el software requerido para establecer las conexiones entre los dispositivos y el software que gobierna las acciones de interacción entre el entorno físico y el usuario.

En la interconexión de dispositivos, la computación ubicua introduce nuevos cambios en cuatro áreas que involucran al funcionamiento de una red:

- Entrada al soporte informático sin hilos. A diferencia de las conexiones con hilos, los dispositivos sin conexión física y en el caso de la computación ubicua que requiere de una topología celular, estos frecuentemente entran y se desconectan de la red. Por tanto, no está asegurado que un dispositivo pueda estar escuchando a todos los demás. Esto puede ocasionar problemas en la detección de colisiones.
- Ancho de banda. Se requieren redes de velocidades de gigabits por segundo para garantizar la transmisión de voz e imagen con calidad. Es necesario desarrollar nuevos tipos de paquetes de datos que utilicen las posibilidades de la red y se adecuen a las características de los sistemas de computación ubicua.
- Protocolos en tiempo real. Por el mismo motivo que para el punto anterior, se requiere del desarrollo de protocolos de conmutación de paquetes que permitan aplicaciones multimedia en tiempo real.
- Enrutamiento de paquetes. El protocolo de Internet, el IP, no provee suficiente infraestructura para dispositivos con alta movilidad. El motivo es que las direcciones están asociadas a redes estáticas, de manera que cuando un paquete debe dirigirse a un dispositivo, se supone que este es accesible localmente a la red que pertenece. Se han realizado grandes avances para superar este problema y existen numerosas propuestas (por ejemplo; Virtual IP o Mobile IP), desarrolladas en paralelo para la utilización de redes inalámbricas.

Es necesario, antes de exponer las especificaciones que debe cumplir el software de los dispositivos de computación ubicua, examinar de manera general que características debe tener un sistema para que pueda ser calificado como embebido con computación.

Es necesario capturar de la información relevante para dar el soporte adecuado a las necesidades del usuario modificando el entorno de acuerdo a ellas. Esta sensibilidad al contexto requiere de las siguientes capacidades del sistema de computación ubicua:

- 1) Identificar al usuario. En este sentido hay dos estrategias posibles, la utilización de señales de identidad (tags) que porta el propio usuario o mediante sensores que le reconocen por alguna característica o conjunto de ellas (biometría). Cada vez es más frecuente este tipo de dispositivos relacionados con las transacciones comerciales. Son conocidas varias aplicaciones como poseer un dispositivo emisor que al ser detectado por un receptor identifica al poseedor de este dispositivo o un sistema de detección por huella dactilar. En nuestro sistema el conductor puede identificarse de manera clásica por usuario o contraseña o por la posesión e una tarjeta identificadora que es leída por la lectora de tarjetas y una contraseña que confirma al poseedor de la tarjeta.
- 2) Reconocer el estado del usuario. El sistema debe adquirir información del estado del usuario con el fin de tomar decisiones acertadas, en este sentido la localización tanto espacial como temporal es considerada como parte del estado del individuo. Por ejemplo, un profesor va camino de una clase por el pasillo de la facultad, el sistema personal que dispone en su despacho recibe un correo electrónico, la velocidad a la que se mueve el profesor puede indicar si llega tarde o no a la clase y, por tanto, si tiene tiempo o no para poder atender el correo, el sistema decide si el correo debe ser descargado y notificado en su agenda personal portátil.
- 3) Inferir sus necesidades. Una vez conocido el estado del usuario, pueden determinarse cuáles van a ser sus necesidades, a través de sus hábitos de comportamiento, basándose en situaciones similares que le ocurrieron a él o a otros usuarios en la misma circunstancia o similar. Por ejemplo, al bajar del avión tiene un aviso en su PDA informándole que aterrizaron con retraso, por lo que perdió el vuelo de enlace a su destino. El sistema de reservas del aeropuerto le ha incluido automáticamente en la lista de espera para el siguiente vuelo y ante la

eventualidad de tener que pasar la noche, en su PDA le aparece la lista de los hoteles mejor puntuados por sus amigos y familiares de la ciudad en la que se encuentra.

- 4) Actuar proactivamente. El sistema tendrá iniciativa, realizará operaciones sobre el mundo físico que cambiarán el estado y las necesidades de los usuarios. Esta capacidad requiere ser diseñada con especial cuidado, no todos los usuarios están dispuestos a que un sistema tome decisiones de forma transparente a ellos. Esta cualidad tendrá que estar parametrizada y será ajustada por el usuario. El profesor se dirige hacia la clase, el proyector se encendió hace varios minutos para estar disponible cuando entre en el aula, la copia del fichero con las transparencias para la lección del día, de acuerdo con su planificación docente, se ha transferido de su despacho al sistema de visualización del aula, cada alumno ha recibido su calificación personal del ejercicio que entregaron al profesor la semana pasada.

(Saha 2003) define un modelo para crear un entorno de computación ubicuo que abarca 4 grandes áreas: dispositivos, redes, middleware y aplicaciones.

- 1) Dispositivos. Un entorno inteligente es probable que contenga:
  - o Dispositivos de entrada tradicionales.
  - o Dispositivos móviles inalámbricos.
  - o Dispositivos inteligentes.
- 2) Red Ubicua: Se espera que el número de dispositivos ubicuos se multipliquen rápidamente en los próximos años. Como consecuencia de este crecimiento muchas tecnologías actuales tendrán que renovarse. Aparte de aumentar el ancho de banda para llegar a la demanda, las redes globales, como Internet, deben modificar las aplicaciones existentes para integrar completamente estos dispositivos de computación ubicua en los sistemas sociales existentes.
- 3) Middleware ubicuo: Igual que la computación distribuida y la computación móvil, la computación ubicua requiere un interprete (shell) middleware como interfase entre el núcleo de red y las aplicaciones de usuario ejecutándose en los dispositivos ubicuos. El middleware ubicuo como un elemento entre las aplicaciones de usuario y la red. Consistirá

del firmware y software ejecutándose bien en modo cliente-servidor o igual a igual (p2p). Las interfases de usuario son otro aspecto del middleware. Los navegadores web estándar representan el extremo más alto de la interfase sofisticada; usan colores, gráficos, etc.

- 4) Aplicaciones ubicuas: La computación ubicua es más un entorno central que una computación basada en web o computación móvil. Esto significa que las aplicaciones guiarán al middleware y a la red. Por ejemplo un paciente del corazón con un monitor implantado que comunica con un computador de forma inalámbrica para detectar y reportar anomalías. El monitor debe saber cuando hay una alarma basándose en su conocimiento del entorno. Las aplicaciones en entornos de computación ubicua deben evolucionar en un único objetivo que es desaparecer en el entorno.

El software de los entornos de computación ubicua debe ser escalable, heterogéneo, integral e invisible:

- Escalabilidad. Los entornos ubicuos futuros encaran una proliferación de usuarios, aplicaciones dispositivos conectados y sus interacciones en una escala sin precedentes. Por lo tanto crecerá el número de dispositivos conectados al entorno y la cantidad de interacciones hombre-máquina. El desarrollo tradicional requiere reescribir una aplicación para cada dispositivo nuevo. Aunque una empresa pueda generar aplicaciones nuevas tan rápido como añade nuevos dispositivos, el crear aplicaciones una vez, con independencia de los dispositivos, tendría un gran valor ya que resuelve el problema de la escalabilidad. Además tradicionalmente las aplicaciones son distribuidas e instaladas de forma separada para cada clase de dispositivo y familia de procesador. Como el número de dispositivos crece, la instalación y distribución explícita de las aplicaciones para cada clase y familia llega a ser inmanejable, especialmente a través un área geográficamente amplia.
- Heterogeneidad. La conversión de un dominio a otro es esencial para la computación y la comunicación. Asumiendo que las implementaciones uniformes y compatibles de entornos inteligentes son irrealizables, la computación ubicua debe encontrar la manera de enmascarar esta



heterogeneidad a los usuarios. El middleware es el encargado de enmascarar la heterogeneidad para que la computación ubicua sea invisible a los usuarios. Para la red, los desarrolladores se encuentran con problemas de protocolos distintos por lo que hay que asegurar la interoperatividad a través de la red afrontando una gran cantidad de arquitecturas incompatibles. La computación móvil ya realiza operaciones en modo desconectado ocultando a los usuarios la ausencia de cobertura. El middleware puede utilizar conceptos similares para compensar dinámicamente a entornos menos inteligentes o mudos de forma que el cambio sea transparente a los usuarios. Pero la dificultad real llega en la imagen de la aplicación. Hoy, las aplicaciones típicamente se desarrollan para una clase de dispositivos específicos o plataformas de sistemas, manteniendo versiones de la misma aplicación para terminales de mano, de sobremesa y servidores. Con el incremento de heterogeneidad, el desarrollo de aplicaciones que se ejecuten en todas las plataformas se hace cada vez más complejo.

- Integración. Aunque en muchos entornos hay componentes de computación ubicua, su integración en una plataforma única es todavía un problema de investigación. El problema es parecido al de la computación distribuida pero a mayor escala. Al crecer el número de dispositivos y aplicaciones la integración se hace compleja. La integración de los componentes de computación ubicua tiene implicaciones en la fiabilidad, calidad de servicio, invisibilidad y seguridad para la red ubicua. La necesidad de la coordinación entre los distintos componentes es clara. Esta coordinación puede llegar desde las áreas tradicionales como enrutamiento de mensajes o uso de pantallas arbitrarias a nuevas metas como decidir que aplicación puede usar para comunicar con los usuarios una intensidad de luz de la habitación. En un área grande el acceso a los mensajes es un requerimiento esencial. El enrutamiento entre servidores introduce la posibilidad de que mensajes de un único productor utilicen múltiples caminos y lleguen al consumidor fuera de orden o duplicado.

- Invisibilidad. Un sistema que requiere una intervención humana mínima ofrece una razonable aproximación a la invisibilidad. Los humanos pueden intervenir para ajustar entornos inteligentes cuando fallan para llegar a las expectativas del usuario de forma automática. Estas intervenciones también pueden ser parte de un procedimiento de aprendizaje continuo del entorno. Sin embargo, para alcanzar las expectativas del usuario continuamente, el entorno y los objetos que se encuentran en él tienen que ajustarse ellos mismos sin distraer a los usuarios de forma consciente. Un entorno inteligente puede realizar el ajuste a distintos niveles de sistema. Las técnicas manuales actuales para configurar un dispositivo con dirección, máscara de red, puerta de enlace, etc, son engorrosas y consumen mucho tiempo en un entorno ubicuo. Las técnicas automatizadas para reconfigurar la red dinámicamente cuando sea necesario son cruciales para llevar a cabo la visión de la computación ubicua.

La computación ubicua requiere sistemas y dispositivos que perciban el contexto.

- Percepción: Conocimiento del contexto. La mayoría de los sistemas y dispositivos actuales no pueden sentir su entorno y tampoco pueden tomar en el momento oportuno decisiones sensitivas al contexto. La computación móvil trata de temas de administración de movilidad y localización pero en un contexto reactivo, respondiendo a eventos discretos. La computación ubicua es más compleja ya que es proactiva. Los entornos inteligentes son un prerrequisito para la computación ubicua. La percepción o conocimiento del contexto es una característica intrínseca de los entornos inteligentes. Dotar de percepción introduce un complicaciones significativas: monitorizar el lugar, modelos de incertidumbre, procesamiento de información en tiempo real y utilizar información a veces discordante suministrada por múltiples sensores. La información que define el conocimiento del entorno debe ser cuidadosa, en otro caso confunde la experiencia del usuario.
- Inteligencia, agudeza, astucia (smartness): Administración del contexto. Una vez que el sistema ubicuo ha percibido el contexto actual, debe de tener la forma de utilizar adecuadamente su percepción. Interacciones

más ricas con los usuarios requiere un entendimiento más profundo del espacio físico. El smartness cubre la percepción precisa (entrada) seguida del control inteligente o acción (salida) entre dos mundos, máquina y humanos.

## **2.7 Administración de redes versus administración de flota.**

Las redes de computadores comparten características comunes con la flota de vehículos. Están formadas por dispositivos dispersos que deben ser administrados y controlados para que realicen sus funciones de forma correcta y resolver cualquier mal funcionamiento, con la urgencia que se precise. El crecimiento de los dispositivos y los sistemas distribuidos hacen que la conectividad de los recursos sea imprescindible para el funcionamiento de la organización. Un funcionamiento incorrecto puede degradar el servicio prestado. El crecimiento del número de dispositivos hace prácticamente imposible administrarlos manualmente. La complejidad de estos sistemas y su dispersión hace necesario la utilización de alguna herramienta de gestión automatizada.

ISO define para la administración de redes, en un entorno de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI), las siguientes áreas funcionales de:

- Gestión de fallos. Herramientas que permiten detectar, aislar y corregir el funcionamiento incorrecto. El funcionamiento del sistema depende de que funcione correctamente cada uno de sus componentes de forma individual. Por ello es necesario que cuando ocurra un fallo se actúe lo más rápido posible con el fin de, determinar donde ha ocurrido, aislar el resto de la red, reconfigurar o modificar la red para minimizar el impacto de la ausencia del dispositivo que funciona incorrectamente, reparar o sustituir los componentes y devolver la red a su estado inicial. Un fallo es una condición anormal que requiere la actuación de un gestor para resolverla. Normalmente impide la operación correcta del dispositivo. Un error es simplemente un evento que ocurre. Un número excesivo de errores es considerado un fallo ya que es señal de que algo no funciona correctamente.

- Gestión de la contabilidad de los recursos. Herramientas que permiten calcular la utilización de los objetos administrados. El uso de la red tiene un coste tanto del punto de vista económico como del punto de vista de utilización de los recursos compartidos. Es necesario conocer cual es la utilización de la red para garantizar un uso eficiente. Conociendo en detalle la actividad de los usuarios, el administrador está en mejor posición para realizar un plan de crecimiento de la red. Para realizar las tareas de contabilidad del uso de los recursos, el administrador de la red necesita poder especificar que información necesita recoger de cada uno de los dispositivos y cada cuanto debe ser enviado hacia el punto de gestión de la red.
- Gestión de la configuración e identidad. Herramientas que permiten el control, identificación, recoger y proporcionar datos a los objetos gestionados con el fin de proporcionar un funcionamiento de los servicios de interconexión ininterrumpido. Las redes de comunicaciones están formadas por dispositivos individuales y subsistemas lógicos que pueden configurarse para realizar tareas diferentes. Un mismo dispositivo puede realizar distintas funciones según se le configure. Cuando se desea cambiar la función que realiza un dispositivo es necesario que el administrador pueda seleccionar el software adecuado y asignar los parámetros de configuración. Las tareas de la gestión de la configuración incluye tareas de inicialización de la red y desactivarla total o parcialmente, mantener, añadir y actualizar las relaciones entre los componentes y su estado mientras la red está en uso. En general la red se configura con los mismos o parecidos atributos para los recursos de los que se compone, por lo que es necesario definir y modificar un conjunto de atributos por defectos que puedan cargarse en los componentes de la red que se desee. El administrador de la red puede cambiar la conectividad de los componentes de la misma cuando cambian las necesidades e incluso reconfigurar la red para reaccionar ante eventos como recuperación de fallos, cambios para mejorar el rendimiento o la seguridad. Así mismo debe realizar operaciones de parada y arranque de la red e incluso que estas operaciones se puedan realizar en ciertos dispositivos de forma desatendida.

- Gestión de rendimiento. Herramientas para evaluar el comportamiento de los objetos administrados y el rendimiento de los objetos administrados. Las redes de comunicaciones están compuestas de dispositivos que se comunican entre ellos, realizan operaciones cooperantes y comparten datos utilizando la red como medio de comunicación. En algunas ocasiones para que las aplicaciones realicen sus tareas de forma eficiente es necesario que la red mantenga ciertos límites de rendimiento. La gestión del rendimiento de la red esta compuesto por dos grandes categorías funcionales: monitorización y control. La monitorización consiste en seguir las actividades que se llevan a cabo en la red. El control permite realizar ajustes para mejorar el rendimiento de la red. El rendimiento de la red esta relacionado con las cuestiones que pueden degradar el funcionamiento de la red como el nivel de utilización de la red, su capacidad máxima, velocidad de transferencia o cuellos de botella. Para manejar estos aspectos se debe realizar una monitorización de un conjunto inicial de recursos y valorar su rendimiento, asociando métricas y valores en los recursos relevantes como indicadores de niveles diferentes de rendimiento. La gestión del rendimiento también debe monitorizar muchos recursos proporcionando información en ciertos niveles operativos de la red. Toda esta información es analizada y los resultados del análisis se utilizan para modificar un conjunto de valores que sirven al administrador para identificar situaciones e impedir la degradación del sistema. Los administradores de la red necesita estadísticas de rendimiento que le ayuden a planificar, administrar y mantener grandes redes.
- Gestión de seguridad. Herramientas para proporcionar seguridad en la gestión de redes y proteger los objetos gestionados. La gestión de la seguridad incluye facilidades de protección de la información administrada y herramientas de control de acceso, como generar, distribuir o almacenar claves de cifrado. También se ocupa de la monitorización y el acceso bajo control a la red y acceso a toda o parte de la información de administración obtenida de los dispositivos. El

registro de las operaciones realizadas, ficheros de *log*, es una herramienta de seguridad muy importante.

## **2.8 La tecnología en el transporte de viajeros por carretera**

Las mejoras tecnológicas es una de las principales fuentes de competitividad entre las empresas. Las empresas afronta su futuro tecnológico adelantándose a la competencia, dedicando esfuerzos a la I+D+i (Investigación más Desarrollo más innovación), o siguiendo a la competencia, adquirir tecnología existente en el mercado. El transporte no es una excepción. Pero el avance de las tecnologías en el transporte de viajeros por carreteras es lento y esto es debido fundamentalmente en la propia estructura de la actividad. La I+D+i se realiza en sectores con un mercado de una alta competencia, aplicando los avances bien a reducir los costes de fabricación de su producto o bien a la creación de productos nuevos o mejorados respecto a la competencia. La empresa opta por una de estas dos estrategias cuando el riesgo o el coste de incorporar tecnología son asumidos como parte de la actividad de la empresa. En el caso del transporte de viajeros por carretera, tanto en el transporte urbano como en el regular si existe competencia solo es cuando se concursa por una concesión. Por lo tanto la razón fundamental de la innovación es la necesidad de ser adjudicatarios de una concesión en concurso público o un rédito político, en las empresas municipales. Después de esta razón se encuentra a gran distancia, la reducción de costes y el aumento de ingresos. En este marco es importante la actuación de la administración pública. Las administraciones públicas actúan en la mejora tecnológica en el sector del transporte de viajeros por carretera como creadoras del entorno necesario para I+D+i como promotoras de proyectos tractores de I+D+i que movilizan al sector. La razón para ello es que la mejora tecnológica en este sector siempre tiene como beneficiario al usuario del transporte público. [Frias, 2006]

### **2.8.1 Los sistemas inteligentes de transporte.**

El tráfico urbano es hoy complicado en la mayoría de las áreas metropolitanas de los países desarrollados en las que la congestión se ha convertido en un problema cotidiano de difícil solución. Un problema que produce efectos indeseados en la movilidad de los conductores y peatones. El incumplimiento

de los horarios en los transportes públicos, el incremento del tiempo de los viajes en transporte público y privado, la polución del aire y niveles sonoros intolerables que llegan a afectar seriamente la salud son algunos de esos efectos. Todo ello redundando en una merma evidente del bienestar de la población y en importantes pérdidas económicas. Una de las respuestas más eficientes al problema de la congestión radica en el uso intensivo de sistemas informáticos y de telecomunicaciones aplicadas a la gestión del tráfico. Los denominados Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) están siendo un eficiente apoyo para el ciudadano y para las instituciones públicas en el intento de paliar los problemas de congestión de los transportes urbanos e interurbanos, no solamente ayudando a mejorar su movilidad sino haciéndola más sostenible. Este problema se ha acentuado en las últimas décadas por el desarrollo de dos fenómenos simultáneos. El primero, una creciente movilidad que ha privilegiado el uso del automóvil privado en detrimento del transporte público. El segundo, la generalización del modelo de ciudad difusa, una tipología urbana genuinamente norteamericana pero imitada en Europa por las grandes ciudades y las ciudades de tamaño medio que han alcanzado su desarrollo actual tras un proceso descentralizador. Este nuevo y generalizado modelo urbano acentúa la relocalización de la población, el comercio y los servicios hacia la periferia próxima en tanto que relega la actividad industrial al espacio urbano y en la que el centro tradicional queda reducido a una función simbólica. Una ciudad que, como sostiene Rueda (Rueda, 1998), *“tiene de todo y mucho pero disperso, separado funcionalmente”* presenta ciertos retos en términos de accesibilidad sólo superables por una movilidad motorizada y capaz de abarcar progresivamente mayores distancias.

Asistimos, pues, a un proceso expansivo en lo urbano y en la movilidad sobre la base de un creciente número de desplazamientos y el incremento de la amplitud éstos. Ambos extremos redundan, necesariamente, en la propia expansión de las infraestructuras viarias. Se cierra así un círculo vicioso en el que la persona ha ido perdiendo protagonismo frente al automóvil. Todos estos problemas aconsejan el desarrollo de nuevas estrategias globales para un transporte urbano sostenible. Estrategias que contemplen no sólo una amplia

gama de medidas paliativas, si no, también, el uso de tecnologías e infraestructuras innovadoras. El concepto de un transporte eficiente, eficaz y seguro se impone hoy en las nuevas políticas de transporte. Entre las medidas paliativas, destacan la potenciación del transporte público, políticas de aparcamiento, hacer peatonales los centros urbanos, imposición de peajes de entrada en determinadas áreas urbanas, etc. Entre las tecnologías e infraestructuras innovadoras, hay que señalar todo un conjunto de recursos que posibilitan rutas y modos de transporte que contribuyen a reducir el tiempo y el recorrido de los desplazamientos al tiempo que procuran mayor fluidez de tráfico, mejor nivel de servicio de las vías y la racionalización del consumo y de las emisiones. Se trata, pues, de una serie de cambios en la concepción del desarrollo del transporte, de carácter tecnológico y que, al no implicar restricciones en la movilidad de la población, son generalmente bien aceptados por la población.

La utilización de la tecnología para mejorar el transporte data de finales de la década de los 70 en Japón donde se desarrolla un proyecto para el desarrollo de generación de rutas, obtención de información dinámica y transmisión de la información de ruta a los vehículos. A principio de los 80 en Alemania e Inglaterra se desarrolla el concepto de guías de rutas dinámicas. En 1988 el director de los programas de informática en la comisión de la comunidad europea acuñó los términos “*road transport informatics (RTI)* y *integrated road transport environment (IRTE)*” y en Estados Unidos Chen el de “*intelligent vehicle-highway system (IVHS)*”. En Europa, RTI es impulsado por el proyecto DRIVE (1989 a 1991) y posteriormente por el DRIVE II (Castling, 1993).

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) surgen en la década de los años 90 como alternativa sostenible al problema generado por la creciente demanda de movilidad, especialmente en el ámbito urbano e interurbano. De esta manera, frente a las estrategias tradicionales -que pasan por un incremento de infraestructuras viarias y vehículos que pudieran conducir a niveles de insostenibilidad económica, espacial y medioambiental- los SIT suponen una apuesta por la movilidad sostenible. Esto es, una apuesta por incrementar la movilidad sobre la base de mejorar la eficacia y eficiencia del transporte y proveer seguridad a los usuarios. Con ese triple objetivo, eficacia, eficiencia y seguridad, emergen los SIT como una combinación de información,



comunicaciones y tecnologías del transporte en vehículos e infraestructuras. Una combinación que, en los últimos años, adquiere una enorme trascendencia puesto que las tecnologías de la comunicación permiten ya emitir información móvil en cualquier lugar y a tiempo real. Las aplicaciones de los SITs abarcan un amplísimo espectro. De forma general, podría afirmarse que los SITs colaboran en todos los procesos de gestión y distribución de mercancías y del transporte de pasajeros y ello en todos los modos de transporte.

En el ámbito del transporte urbano e interurbano, son aplicaciones propias de SIT las que afectan al transporte en superficie, es decir, las relativas al transporte por carretera y ferrocarril. Estas aplicaciones son: la información de tráfico y viajes, la gestión de transporte público, la gestión de transporte de mercancías, la gestión de tráfico y carreteras, la gestión de la demanda, la gestión de aparcamientos, la asistencia al conductor y la conducción cooperativa. La información de tráfico y viajes permiten la integración de los modos de transporte en un sólo sistema. Así, una información global al usuario propicia una práctica eficiente de la intermodalidad en los desplazamientos lo que facilita la movilidad de la población. Asimismo, la información contribuye a la planificación de los viajes urbanos y a la toma de decisiones respecto de las rutas seleccionadas. Esta función viene determinada por el suministro de información, a tiempo real, de la situación de las rutas seleccionadas y sus alternativas. En el ámbito interurbano la aplicación de las TICs al transporte por carretera hay una serie de aplicaciones SIT comunes al medio urbano e interurbano: el conjunto de pagos electrónicos: peajes, billetes ferrocarril, metro o bus, etc. y utilización de tarjetas inteligentes. Estos los sistemas de detección, aviso y gestión de incidentes. Estos sistemas suponen la vigilancia, detección y respuesta en los mismos.

Los SIT ofrecen nuevos instrumentos para la ordenación y gestión del transporte público. De esta manera, pueden incidir positivamente en el sector induciendo incrementos de la demanda y determinando la elección modal de la ruta. (Seguí, 2004).

### **2.8.2 Sistemas de ayuda a la explotación en el transporte (SAE)**

De la información que se genera en los vehículos producto de los resultados de la producción hay información que debe ser comunicada en el momento que ocurre. Es el caso de la información relacionada con eventos que pueden afectar a la calidad del servicio prestado, como puede ser eventos relacionados con el control de operaciones, control de parámetros mecánicos y de seguridad de la conducción, detección de errores en el sistema e información de la ubicación de los vehículos. Con esta información el supervisor puede decidir si toma medidas para minimizar el efecto del evento reportado. Estas funciones es lo que se conoce como sistema de ayuda a la explotación (SAE). El SAE es un sistema que a través de la localización continua, instantánea y automática de una red de autobuses, permite su control, regulación y explotación. El SAE proporciona los medios para conocer y gestionar en tiempo real el funcionamiento de los recursos disponibles. A través de las herramientas de regulación disponibles, el SAE permite actuar de manera continua sobre las líneas con el objeto de mantener la calidad del servicio. Los datos recogidos y tratados por el S.A.E. sirven para informar a los clientes, operadores y responsables del transporte público (Diego, 2005).

En (Navarro, 2006) se presenta herramientas para mejorar los problemas de movilidad en las grandes ciudades de los transportes públicos apoyándose en el uso de nuevas tecnologías mejorando la calidad del servicio y la gestión de la red de transporte. De estas herramientas, la que más se utiliza para avanzar en la resolución de este problema, son los sistemas de ayuda a la explotación e información al usuario. Estos sistemas aportan mejora en la calidad del servicio en cuanto a regularidad y puntualidad e información en tiempo real a los usuarios. Esto se traduce en una percepción mejor del servicio de transporte público por parte de los usuarios incentivando un mayor uso. Los SAE también mejoran la gestión de la red basándose en un mayor control de la explotación, optimización de los recursos, mejor información y planificación del servicio y mayor coordinación con otros sistemas de gestión viaria. Igualmente mejora las condiciones laborales de conductores y supervisores de explotación debido a la utilización de las ventajas de comunicación, información, seguridad y optimización de los recursos.

Las funciones de SAE se pueden dividir en funciones orientadas a gestión operacional – como la localización geográfica; monitoreo de itinerarios y seguimiento en tiempo real, identificando desviaciones horarias y recorridos anómalos; gestión y monitorización de incidencias; monitorización de velocidad, detenciones y duración y de las condiciones mecánicas del vehículo; generación de estadísticas e históricos; comunicaciones por voz y de datos – y funciones orientadas a la información de usuarios en los vehículos, en las paradas y estaciones o bajo demanda en web, internet o telefonía móvil.

Por lo tanto los objetivos del SAE son mejorar la calidad del servicio ofrecido a los usuarios del transporte público mediante el cumplimiento de horarios y frecuencias de paso por paradas, y proveer de información en tiempo real al público acerca del estado del servicio y mejorar la planificación de las rutas de los autobuses, horarios y los recursos requeridos de la flota.

Para ello es necesario conocer a cualquier hora la posición y estado de cualquier autobús de la flota, por ejemplo, su localización en el mapa de la ciudad, la ruta que está siguiendo, próxima parada, número de pasajeros a bordo o desviación con respecto a los horarios previstos; comunicar con los conductores de forma fluida y sencilla, siendo posible recibir de ellos cualquier indicación relevante, advertencia o alarma, y permitiéndose también la transmisión de cualquier instrucción al conductor que ayude a la correcta regulación del servicio; mostrar información útil al público en las paradas, tales como el tiempo estimado de llegada del próximo autobús para cada ruta o advertencias relevantes acerca de la condición del servicio; detectar en tiempo real cualquier variación de los horarios o frecuencias establecidos para facilitar la decisión y ejecución de las medidas correctivas; detectar rápidamente los incidentes potenciales en el servicio del transporte tales como anomalías en el tráfico, autobuses llenos o requerimiento de servicios de refuerzo especial, permitiendo también la decisión y ejecución de las medidas precisas; y analizar el servicio a través de porcentajes de puntualidad, pasajeros transportados o velocidades medias, lo que garantiza la más apropiada planificación futura de horarios, líneas, paradas y recursos requeridos.

Los SAE están formados por los siguientes subsistemas:

- Puesto de control central, donde se encuentran todos los elementos hardware y aplicaciones software integrante del SAE. Desde el puesto de control se realizan funciones de monitorización, operación y supervisión del sistema. Suelen estar dotados de los siguientes elementos:
  - Sistema de comunicaciones, que se conecta a los sistemas de comunicaciones y gestiona el flujo de información.
  - Servidores SAE, que centraliza la gestión y coordinación del resto de los elementos.
  - Puestos de operador, normalmente dotados de computadores con pantalla gráfica y panel de comunicaciones.
  - Elementos para la gestión del sistema, carga y explotación de los datos.
  - Interfases con los sistemas de información corporativa.
- Subsistema embarcado, integrado por todo el equipamiento del sistema SAE localizado a bordo de los vehículos, ordenador embarcado, consola del conductor, paneles informativos interior y exterior, antenas, sistemas de comunicaciones, antena GPS, odómetro, etc.
- Subsistema de información al usuario, integrado por los paneles de información al público localizados en paradas y estaciones. Con estos paneles se hace llegar a los usuarios información sobre el servicio.
- Subsistema de comunicaciones, que es el soporte de comunicaciones tanto de voz como de datos entre los vehículos y el puesto de control central y entre el subsistema de información al usuario y el puesto de control central.

## **Capítulo 3: Modelo ubicuo para el transporte público de viajeros por carretera**

---



En este capítulo vamos a mostrar la problemática que se encuentran las empresas de transporte público de viajeros por carretera y presentaremos el modelo diseñado y que una vez implantado integra los dispositivos móviles al sistema de información de la empresa, utilizando tecnología estándar, con uso racional de las comunicaciones, desarrollando herramientas para el mantenimiento de las versiones de datos y programas y eliminando la intervención del conductor en estas tareas.

### **3.1 Aproximación a las organizaciones objeto del estudio**

La integración de los elementos móviles donde se realiza la producción de la organización en el SI de la empresa permite que los datos obtenidos durante la producción se puedan utilizar en tiempo y forma adecuada para generar información de calidad (García, C,2000) que permita actuar de forma eficaz, eficiente y con la celeridad que requiera la situación. Es necesario que esta tarea se realice sin interferir ni modificar la operación en producción.

Antes de describir el modelo vamos a revisar cuáles son las funciones que se realizan, como se organizan y en que entorno actúan.

#### **3.1.1 Funciones**

Los sistemas de información móviles de las empresas realizan funciones muy variadas dependientes de la actividad que realizan. A pesar de esta diversidad, hay un conjunto de tareas comunes necesarias para cumplir su cometido y que nos va a dar una visión global. Entre las funciones de las organizaciones con sistemas de información móviles se encuentran:

- Realización de la producción mediante el desplazamiento al lugar donde hay que prestar el servicio.
- Preparación, planificación y difusión, si procede, del servicio a realizar.
- Adaptación a las eventualidades que puedan surgir para mantener el servicio.

Una descripción más detallada es la siguiente: La actividad de este tipo de organizaciones incluye en sus tareas un elemento muy importante que es el desplazamiento al lugar donde hay que prestar el servicio. Un criterio básico para medir la calidad del servicio prestado, sobre todo en servicio público, es el grado de cumplimiento de los horarios pactados con los clientes del servicio.

Esto requiere que se realice una preparación de los distintos servicios que se van a prestar, planificar su ejecución y difundir a los usuarios cuando se va a producir. La realización posterior del servicio se ve afectada por las condiciones en que se realiza. Los desplazamientos de los elementos móviles a través de la zona de actuación no dependen únicamente de las virtudes de la organización sino también de una serie de eventualidades que pueden ocurrir y que reducen la velocidad de producción de estas organizaciones, por ejemplo problemas de congestión del tráfico, demandas no previstas e incluso el clima. Es por ello que si la organización desea mantener el compromiso con los usuarios en términos de tiempos de realización debe ser capaz de adaptarse a las distintas eventualidades que puedan ocurrir como añadir recursos temporalmente, comunicar incidencias a los usuarios, etc. Esta capacidad de adaptación va a depender de que los datos que representan la realidad de la explotación lleguen en el momento y la cantidad adecuada.

### **3.1.2 Estructura**

La estructura de una organización la define los distintos elementos que la forman, como se divide el trabajo, la coordinación entre los distintos elementos y el seguimiento de las distintas tareas para conseguir el objetivo buscado. Mintzberg (Mintzberg, H., 1989) afirma que las estructuras organizativas son de naturaleza dinámica y cambian como respuesta a distintos factores. Uno de estos factores de importancia capital en este tipo de organizaciones es el entorno donde se realiza la actividad, que es distinto cada día y requiere reaccionar ante estos cambios lo antes posible. Cuando ocurre algún cambio en el entorno, hay que determinar si permanece durante un periodo de tiempo ya que puede requerir un cambio de estrategia en la realización del trabajo de la organización. Otro factor que puede propiciar un rediseño organizativo son los avances tecnológicos ya que nos pueden proporcionar unos datos sobre lo que ocurre en la producción en tiempo y forma adecuada, de manera que se pueda reaccionar ante cualquier contingencia de forma inmediata si se considera conveniente.

Aymerich (Aymerich, M ,1994) indica que en la gestión de una empresa de transportes intervienen factores tanto internos a la empresa como externos. Se entiende por gestión de una empresa de transporte al conjunto de operaciones



que constituyen la actividad de la misma y que van encaminados a obtener un beneficio. Con el fin de llevar a cabo una correcta gestión, la empresa se estructura en una organización que debe contemplar los diversos campos o áreas que afectan a la gestión. Estas áreas son comunes a distintos tipos de empresas, independiente de su tamaño, en las grandes empresas cada área está integrada por distintos departamentos con gran número de empleados y en las empresas pequeñas varias áreas están unidas y su dirección y control será responsabilidad de una persona o un equipo muy reducido. Cabe destacar tareas como la dirección de la empresa, que establece la política y estrategia de la empresa encaminada al cumplimiento de los objetivos; planificación y estudios que anticipa aspectos claves de las distintas opciones de futuro asesorando a la dirección o a los diversos organismos técnicos en las decisiones que deben adoptar; producción que se encarga de producir los servicios demandados por la organización comercial en calidad; relaciones públicas que se encarga que la comunicación de las empresas con el exterior sea adecuada o control de calidad para conocer, incrementar y mantener los niveles de calidad para asegurar el futuro de la empresa definiendo parámetros que nos midan la calidad del servicio y controlarlos llevando a cabo una medida continua de los mismos, a través de ciertos indicadores, que permitan detectar los puntos fuertes y débiles de la organización desde el punto de vista de la calidad. En el modelo que presento se establecen actuaciones para mejorar estas tareas, automatizando la obtención de datos de la producción y proporcionando los medios para que estos datos lleguen a los distintos estamentos de la empresa en tiempo adecuado y con la información necesaria para decidir las actuaciones a realizar. A partir de los datos obtenidos de la producción se genera la información estadística para la dirección de empresa, planificación y estudios y mediante el control automático de la producción se informa en tiempo real de cualquier desviación potencial del servicio ofertado en aras de proporcionar un servicio de calidad al usuario.

### **3.1.3 Entorno**

La actividad de las empresas de transporte se desarrolla en un entorno fuertemente regulado y con características propias que condicionan la gestión de la empresa. Por lo tanto la gestión de la empresa de transporte esta

condicionada por diversos factores externos sobre los que resulta muy difícil incidir pero que deben ser tenidos en cuenta en las actuaciones en las distintas áreas de la empresa. Como factores externos más importantes están las infraestructuras, la coexistencia de empresas públicas y privadas, la situación del mercado y el marco normativo.

En el caso de las empresas de transporte de viajeros por carretera los factores externos actúan de forma importante sobre la gestión de la empresa y conforman el marco general en el que deben realizar su actividad. En las empresas de transporte regular de viajeros explotadas en régimen de concesión, los organismos públicos imponen las condiciones estipuladas en el contrato; itinerarios, cumplimiento de los horarios, aplicación de tarifas, etc. Su esfuerzo debe centrarse en captar la demanda ofertando un servicio de calidad en su sentido amplio y en comparación con otros que prestan servicios alternativos, en especial el vehículo particular debido al impacto medioambiental y económico que conlleva el uso generalizado del vehículo privado. La gestión comercial debe centrarse en ofrecer una mayor calidad dentro del marco de la concesión. En el resto de las áreas como compra, mantenimiento de vehículos, producción, etc. la gestión no está condicionada y puede ser abordada con posibilidades similares a cualquier otra empresa de transporte.

Según Garrido (Garrido, J, 1996), el empeoramiento de las condiciones de tráfico se refleja en dos aspectos fundamentales, como son la disminución de la velocidad comercial con el consiguiente aumento de costes de producción y el deterioro de la regularidad del servicio que lleva consigo una mayor utilización de los vehículos privados. Este último aspecto hace que se agrave más las condiciones de tráfico incidiendo incluso en la calidad de vida, ya que aumenta la contaminación ambiental y acústica. Para resolver estos problemas Garrido propone dos líneas de actuación, una pública, como reservar carriles exclusivos para el transporte y la utilización de la tecnología para mejorar la gestión del transporte. Es precisamente en esta segunda línea de actuación dónde se centra esta tesis, concretamente se plantea un modelo de sistema abierto inspirado en los paradigmas de la computación ubicua y en la monitorización y gestión de redes que alcanza los objetivos que se describen en el apartado siguiente.

### 3.1.4 Objetivos

Desde el punto de vista de una empresa de transporte público de viajeros por carretera los objetivos a alcanzar son:

- Mejorar la calidad del servicio mediante el control de las operaciones planificadas. Este es un aspecto importante, tal y como propuso la Comisión Europea en 1995 (CE, 95) en su libro verde “Una red para los ciudadanos”, y por tanto básico para la dirección de la empresa, ya que con ello se está en disposición de tener un transporte público más eficiente y atractivo al cliente. Se pretende que con el uso de las tecnologías de la información, mejorar la calidad del servicio a unos costes sensiblemente inferiores que los requeridos con la estrategia tradicional de aumentar la frecuencia de paso. Conociendo el estado de la explotación se estará en mejor disposición de garantizar el cumplimiento de lo planificado y de afrontar demandas no previstas.
- Mejorar la seguridad y comodidad del transporte utilizando modelos y recursos tecnológicos con el fin de mejorar las condiciones ergonómicas en el que se desarrolla el trabajo del conductor y mejorar los sistemas de pago usados por los clientes de forma que aporten valor añadido tanto para estos (por ejemplo medios de pago multiservicio) como para la empresa (por ejemplo medios de pago más seguros). Por ejemplo, automatizando el control de eventos a bordo de los vehículos y su posterior comunicación con la centro de control de operaciones se permite una mayor concentración de los conductores en su labor principal que no es otra que la de conducir. Además se estará en condiciones de distribuir de una forma más equitativa la carga de trabajo.
- Optimizar el funcionamiento de la empresa de transporte disponiendo de la información adecuada para realizar la planificación y tomar decisiones. Disponiendo de toda la información necesaria acerca de lo realizado, se facilita la toma de decisiones a corto (incidencias), medio (modificaciones en los cuadros de servicio) y largo plazo (definiciones de cuadros de servicios, líneas, etc.). Mejorando el flujo de la información la empresa podrá poner en práctica más rápidamente los cambios en su

funcionamiento (modificaciones en los cuadros de servicio, procedimientos de tratamiento de la información, etc.).

- Posicionar a la empresa en una situación que le permita evolucionar tecnológicamente de una forma no traumática y aprovecharse de las reducciones de costes que el buen uso de las tecnologías de la información conlleva. Estos objetivos empresariales se alcanzan en esta tesis mediante la creación de un modelo ubicuo basado en tecnología estándar que permite la implantación del sistema sin añadir funciones al conductor, permite la evolución tecnológica del sistema debido al uso de tecnología estándar permitiendo huir de sistemas propietario y establecer un marco de competencia entre los proveedores que beneficia a la empresa. Así mismo mediante la aplicación de soluciones abiertas utilizadas en otros entornos se optimiza los procedimientos de actualización y obtención de datos de los dispositivos móviles. Así mismo se reduce el coste en comunicaciones permitiendo definir la relevancia de los datos obtenidos en los móviles en función de cuando deben estar disponibles.

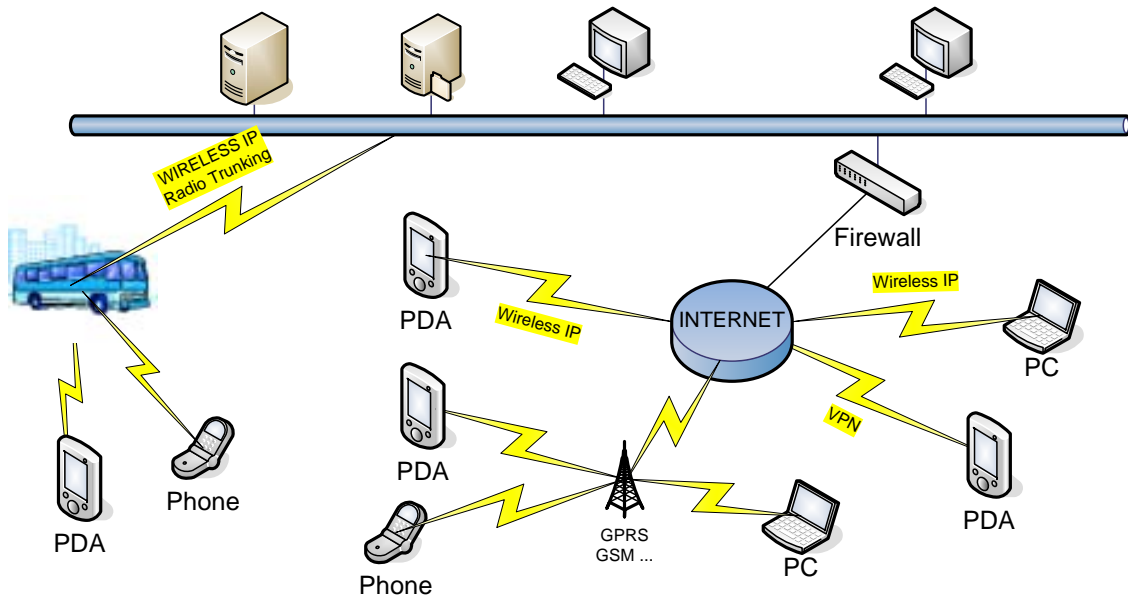
## **3.2 Paradigma: Descripción general del modelo**

### **3.2.1 Introducción**

Como indicamos en el capítulo anterior en 1991 Mark Weiser definió el concepto de computación ubicua como el computador del siglo XXI. Es en la actualidad cuando se posee los recursos tecnológicos en comunicaciones (inalámbricas, redes globales y sistemas de localización) a un coste razonable para poner en práctica estos conceptos. Su idea es que las máquinas se adaptan al entorno humano y no los humanos a las máquinas.

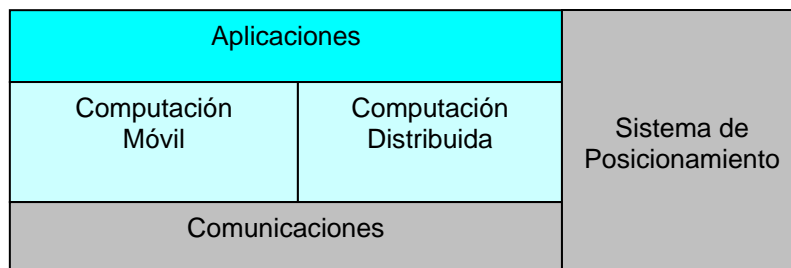
El sistema ubicuo que hemos desarrollado permite a los sistemas embarcados en los vehículos de la flota de la compañía de transporte actuar como cualquier otro nodo de su red corporativa (Figura 16). Gracias a este alto grado de integración dichos sistemas juegan un papel fundamental en la ejecución de las funcionalidades y en el cumplimiento del objetivo de tener unos costes de explotación asumibles. Esta integración permite la automatización de tareas importantes y añadir nuevas funcionalidades. La realización de estas

funcionalidades se apoya en la utilización de las tecnologías de comunicaciones y un uso racional de ellas.



**Figura 16: Sistema completo**

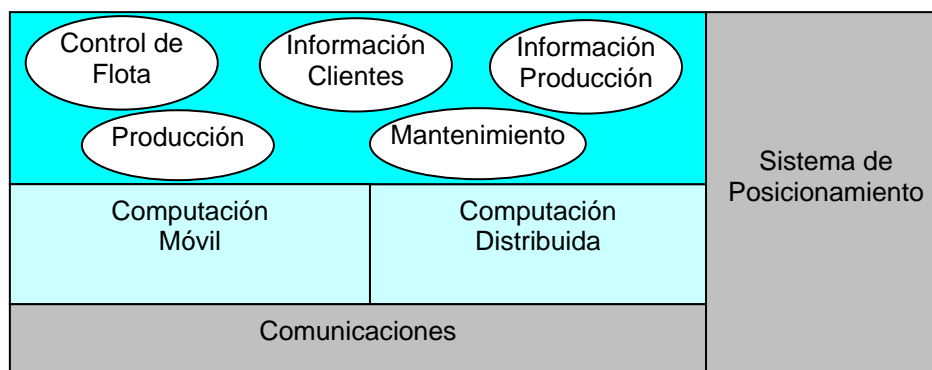
La Figura 17 representa la arquitectura funcional que utilizamos en el diseño de las funcionalidades. Las aplicaciones utilizan los servicios de la computación móvil ya que los sistemas se encuentran dispersos por toda la geografía de actuación de la empresa. Estos sistemas móviles poseen el hardware, software y datos (conocimiento) necesarios para poder realizar su tarea de producción de forma independiente a los servicios centrales. Así mismo monitoriza y supervisa el servicio que se está realizando y sólo cuando ocurre un evento que pone en peligro el cumplimiento de los parámetros que definen el servicio (planificación) es cuando interviene los servicios centrales.



**Figura 17: Arquitectura funcional.**

De esta manera se lleva a cabo las tareas del sistema distribuyendo las funciones en cada sistema móvil y en cada sistema no móvil. De la misma

manera desde servicios centrales se puede modificar la actuación de cualquier sistema móvil para reaccionar ante cualquier evento ocurrido. El sistema de posicionamiento se utiliza para determinar donde se encuentra el vehículo cuando se produce el evento comunicado y donde se encuentran los demás en caso que servicios centrales decida mandar un refuerzo; para saber si estamos cerca de un lugar de cobertura de la red local inalámbrica de la empresa o si utilizamos el sistema de largo alcance a través de los servicios prestados por el operador contratado con el objetivo de utilizar el sistema de comunicación de forma racional de acorde al gasto; como reloj maestro de todo el sistema; y como elemento fundamental para contrastar lo que se debe hacer en cada lugar donde me encuentro y en cada instante de tiempo y que es lo que estoy haciendo. Es importante para la empresa mostrar una imagen de fiabilidad de sus servicios. La fiabilidad es cumplir los requerimientos comprometidos con los usuarios en términos de servicios que se van a realizar y los horarios de paso permitiendo al usuario decidir si el servicio ofertado cumple con sus requerimientos de transporte, cuando subo en el vehículo y cuando me bajo. A veces ocurre que no se puede cumplir con lo comprometido debido a situaciones que son insalvables como una avería, una obra, etc. Entonces la fiabilidad toma una importancia mayor y es cuando se pone a disposición del usuario esta imposibilidad de manera que esté pueda utilizar un medio de transporte alternativo. Por lo tanto un aspecto muy importante es el sistema de información a los usuarios, bien a través de puntos de información instalados en la vías públicas, bien mediante la utilización de tecnologías webs dinámicas.



**Figura 18: Funciones**

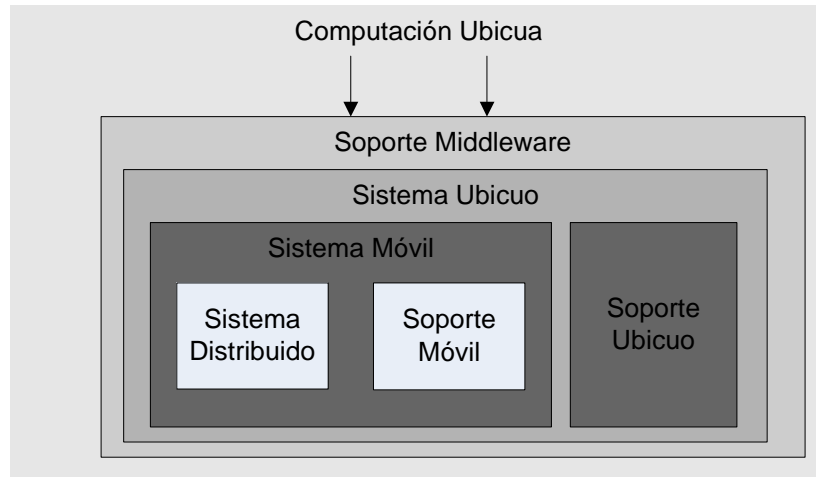
La Figura 18 muestra las distintas aplicaciones que en la actualidad están ejecutándose en forma de subsistemas. Estos son los siguientes:

- Subsistema de producción. Realiza las operaciones necesarias para llevar a cabo la realización el servicio prestado. Autentifica al operador del sistema producción móvil; hace tareas de cálculo para el pago del servicios solicitado por los usuarios en base al tipo de usuario, trayecto y medio de pago; gestiona los distintos medios de pagos; registra las operaciones realizadas; realiza las distintas contabilidades, viajeros cada medio de pago, viajeros que deberían estar en el vehículo, cierre contable del servicio; proporciona información para la inspección, etc.
- Subsistema de control de flota. Monitoriza y toma las acciones necesarias para asegurar el cumplimiento de la planificación de la flota. Se basa en un modelo de control guiado por eventos, evitando la necesidad de preguntar si hay cambios en el entorno. Nuestro sistema utiliza dos infraestructuras de comunicaciones distintas para transferir y recibir datos de los puntos de control. Esto nos permite conocer el estado de los vehículos (de la producción) en tiempo real.
- Subsistema de información a los clientes. Proporciona información actualizada a los clientes sobre los servicios ofrecidos por la compañía y de las desviaciones sobre la planificación.
- Subsistema de información de producción. Administra y procesa los datos generados en los vehículos por el uso de los servicios por parte de los clientes. El flujo de datos de los servicios prestados a los clientes a bordo del ordenador embarcado se transmite de forma automática al sistema corporativo. Posteriormente son procesados para obtener la información de producción. Esto trae como beneficio la minimización de las pérdidas de información.
- Subsistema de mantenimiento de la flota. Garantiza la operación correcta de los dispositivos hardware y software embarcados. Hemos desarrollado herramientas para facilitar esta tarea.

### **3.2.2 Modelo ubicuo.**

El paradigma de computación ubicua aglutina a los modelos de computación móvil, distribuida y ubicua. Tal y como se muestra en la Figura 19 la

computación ubicua se configura a partir de sistemas móviles que funcionan de forma distribuida y con capacidad de integrarse en los entornos de forma autónoma gracias al uso de dispositivos ubicuos que perciben el entorno que les rodea.



**Figura 19: Arquitectura del modelo ubicuo.**

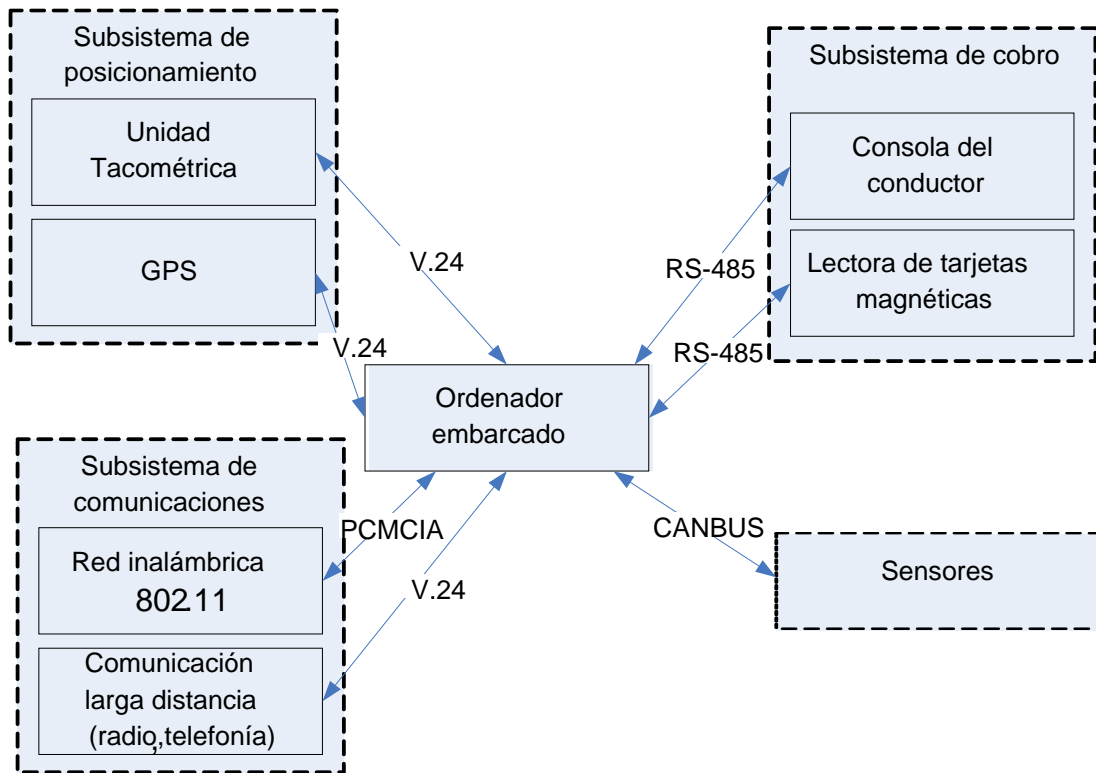
La integración entre los distintos sistemas ubicuos se lleva a cabo gracias a la existencia del “middleware” que es el responsable de manejar los distintos soportes de comunicación utilizados por los distintos sistemas para permitir la comunicación entre las aplicaciones ubicuas existentes. Desde el punto de vista estructural, los componentes característicos son los dispositivos que interactúan con el entorno físico; la red ubicua que permite la integración y comunicación de los dispositivos; el middleware formado por firmware y software para permitir el uso de la red por parte de las aplicaciones que se ejecutan en los dispositivos ubicuos y las aplicaciones ubicuas que actúan dependiendo del entorno. (Saha, 2003)

### 3.2.2.1 Dispositivos

En nuestro modelo ubicuo integramos los dispositivos móviles en el SI de la empresa. Pero no solo los dispositivos embarcados en el sistema de forma permanente sino que proporcionamos un alto grado de accesibilidad a los usuarios del sistema utilizando gran variedad de dispositivos dependiendo de la tarea que vaya a realizar. En este sentido los usuarios pueden obtener información a través de PDAs, teléfonos móviles o computadores personales. Los clientes pueden utilizar tarjetas de prepago, tarjetas sin contacto o pago



directo. El personal de mantenimiento e inspectores pueden utilizar ordenadores personales o PDAs para acceder a la información necesaria para realizar su tarea.

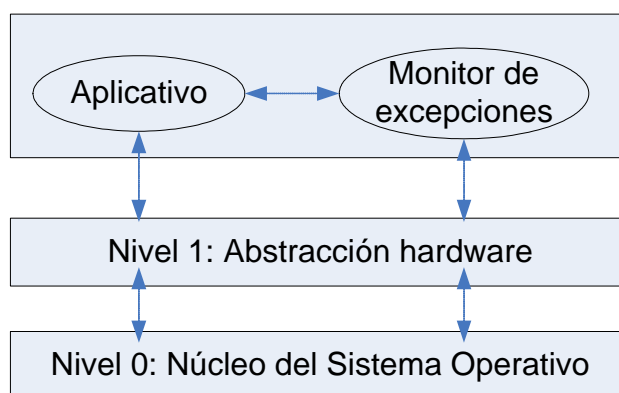


**Figura 20: Arquitectura del sistema embarcado**

Hemos realizado una integración de todos los dispositivos que viajan en los móviles y que denominamos sistema embarcado. El sistema embarcado abarca a todos los dispositivos instalados a bordo de los vehículos y tiene la misión controlar el servicios que se realiza a bordo, llevar a cabo la facturación mediante distintos métodos de pago (pago en metálico, tarjetas magnéticas con contacto y tarjetas sin contacto) y tratar todos los eventos relevantes que se produzcan en la operaciones que se realicen en el vehículo. Estos eventos van desde operaciones realizadas por el conductor y por los clientes, incumplimientos de lo planificado hasta errores debidos a fallos software y hardware. Los eventos son registrados en archivos y son comunicados en tiempo real si es un evento relevante para una intervención rápida o son comunicados al finalizar el servicio. Proporciona facilidades de billeteaje, control de cumplimiento de la planificación, registro de eventos relevantes,

posicionamiento autónomo, información al usuario y conductor y control de parámetros ambientales. La información producida durante los servicios se procesa, almacena y se transmite a los elementos de la red de la compañía. El sistema embarcado tiene una topología en estrella en el que punto central es el ordenador embarcado y conecta con el subsistema de cobro, formada por los dispositivos que permiten los distintos medios de pago; el subsistema de posicionamiento entre los que destaca sistema de posicionamiento global; el subsistema de comunicaciones que conecta el sistema embarcado con el sistema de información corporativo y los sensores que incorpora el vehículo que se integran en el sistema embarcado (Figura 20).

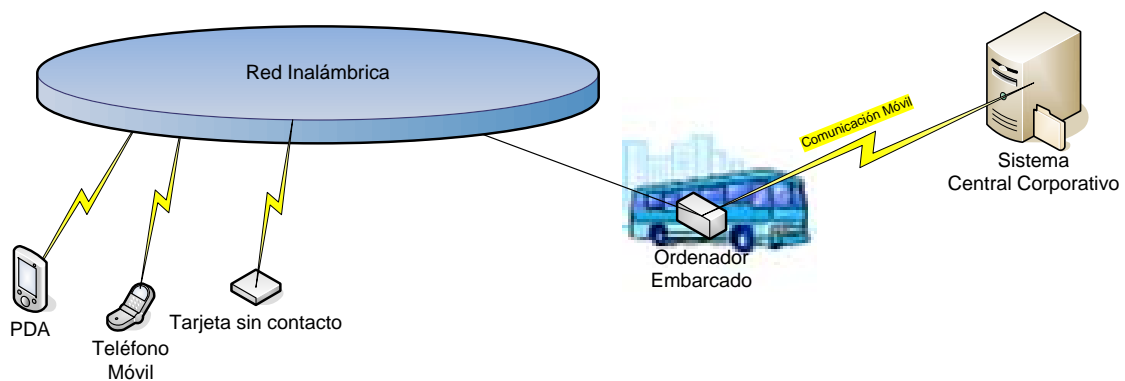
El dispositivo más importante del sistema embarcado es el ordenador embarcado en cada vehículo de la flota. La arquitectura del software que desarrollamos en el ordenador embarcado tiene una estructura multicapa con el objetivo de que sea un sistema modular, flexible y escalable (Figura 21). Esta formada por tres niveles, un primer nivel que contiene el software básico, sistema operativo y servicios de comunicaciones básicas; un segundo nivel que realiza una abstracción de los dispositivos, que integra todos los dispositivos que se encuentran en el sistema embarcado y un tercer nivel que contiene el aplicativo del sistema embarcado y un monitor de excepciones. (García, C, 2002). El ordenador embarcado es un sistema diseñado como un sistema embebido (nivel 0) de características estándar capaz de operar en las condiciones ambientales que se encuentra a bordo del vehículo, vibraciones, variaciones irregulares de temperatura y perturbaciones eléctricas.



**Figura 21: Arquitectura software en el ordenador embarcado.**

En su nivel 1 se encuentra el software que integra todos dispositivos del sistema embarcado. Para ello en el ordenador embarcado se han desarrollado los protocolos que comunican con los distintos subsistemas que se encuentran en el sistema embarcado. De esta manera se consigue que haya comunicación extremo a extremo entre los dispositivos del sistema embarcado y entre un dispositivo del sistema embarcado y cualquier dispositivo del sistema de información de la empresa.

En el nivel 2 se encuentra el aplicativo del ordenador de embarcado donde se especifican las distintas tareas a realizar. Por ser el punto de conexión entre los distintos elementos del sistema embarcado y “el resto del mundo” tiene el conocimiento de la actividad que ocurre en el móvil por lo que es el elemento ideal para monitorizar la actividad, almacenar lo que sucede, contestar las solicitudes de información e informar de forma espontánea cuando ocurra algún evento de relevancia. Esta es la tarea que realiza el monitor de excepciones donde se incluyen excepciones del propio sistema, como inactividad o mal funcionamiento de algún elemento software o hardware y excepciones de funcionamiento que pueden provocar un incumplimiento del servicio comprometido con los viajeros.

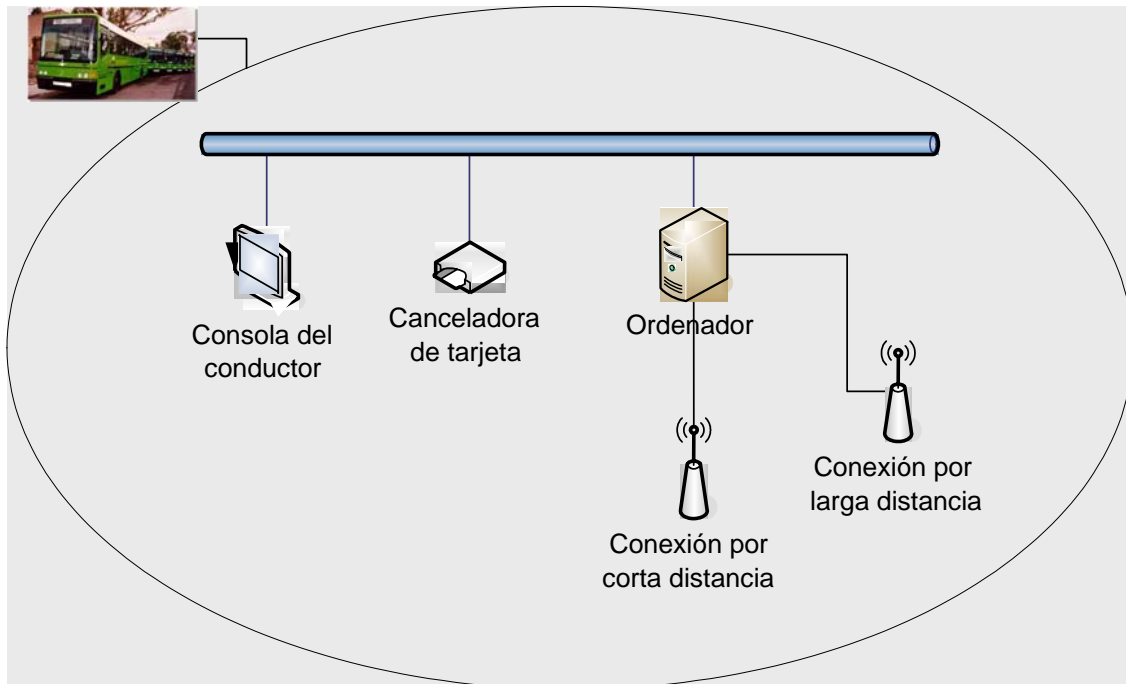


**Figura 22: Conexión de los dispositivos ubicuos**

El ordenador embarcado es el elemento que proporciona valor añadido al sistema propuesto. Tiene una función integradora con respecto al resto de los elementos del sistema embarcado tanto con los permanentes, como la consola del conductor que realiza funciones de autenticación e inicialización de la operación en el sistema o los distintos medios de pagos, como la integración espontánea de otros sistemas móviles a través de la red ubicua. Estos otros

sistemas móviles son los sistemas móviles de inspección, dispositivos que utilizan los inspectores para verificar las operaciones realizadas en el vehículo y se basan en asistentes personales (PDAs), los sistemas móviles de mantenimiento utilizados por el personal técnico de mantenimiento para actuar sobre los sistemas embarcados basados en ordenadores portátiles y los sistemas móviles utilizados por los clientes de la empresa para obtener información de interés que se basan en PDAs o en dispositivos de telefonía móvil (Figura 22). Actúa como sistema de almacenamiento masivo de la actividad que ocurre en el vehículo hasta que puedan ser enviados a los sistemas de la red corporativa de la empresa. Es el enlace entre el sistema embarcado y la red corporativa de la empresa y controla los otros dispositivos embarcados. Actúa en la arquitectura del sistema como dispositivo de interconexión entre los dispositivos conectados al sistema de comunicaciones locales y el resto del sistema. Proporciona una gestión inteligente para la actualización de los datos necesarios para que el sistema embarcado realice sus funciones. Por su posición estratégica dentro de la arquitectura del sistema, su capacidad de almacenamiento y su integración dentro de la red corporativa de la empresa, el ordenador embarcado recibe los datos referentes a las actualizaciones de datos (tarifa, líneas, paradas, conductores,...) y programas junto con la fecha de validez del sistema de información de la empresa y actúa en el momento adecuado para llevar a cabo la actualización. Con esto se libera a la empresa de acudir a cada dispositivo móvil para llevar a cabo la actualización. Los datos y programas que sean necesarios actualizar se almacenan en el sistema embarcado, propagándolo hacia el resto del sistema embarcado en el momento adecuado. El ordenador embarcado realiza una función de almacenamiento y envío (store and forward) basándose en una serie de condiciones (García, C, 2002). Con esta disciplina de actuación se consigue también que el ordenador embarcado este informado de todo lo que sucede, por lo que puede actuar como “portavoz” del sistema embarcado frente al resto del sistema de información. El ordenador embarcado está constantemente informado de la actividad que ocurre en el vehículo a través del sistema de comunicaciones locales que se encuentran en el sistema (Figura 23). El ordenador embarcado no sólo vigila el cumplimiento de lo

planificado sino que se comporta también como un dispositivo detector de errores en el sistema.



**Figura 23: Conexión de los dispositivos al sistema embarcado**

Este elemento supervisa el buen funcionamiento de todos los elementos del sistema. Valida que todos los dispositivos del sistema funcionan de manera correcta, que se puede llevar a cabo todas las tareas previstas, que el software en el sistema funciona de manera correcta. Cualquier comportamiento anómalo de cualquiera de estos elementos es comunicado para que se actúe con la mayor celeridad posible. Para soportar las funciones de control sobre el sistema embarcado y sobre el vehículo el subsistema de sensores que integra los sensores del vehículo proporciona los niveles eléctricos y de temperatura así como los niveles de combustible.

El subsistema de posicionamiento proporciona información del lugar en que se encuentra los móviles e información horaria. Estos datos sirven para realizar el control del cumplimiento de la planificación del servicio. El sistema embarcado obtiene información horaria y de posición del receptor GPS. Esto va a permitir tener un reloj maestro tomando la información horaria del receptor GPS que es propagada a todo el sistema embarcado. Con esto no sólo se consigue que haya una información horaria común en el sistema embarcado sino en todos los sistemas embarcados. Esto es importante ya que existen ciertas

operaciones que se realizan en un vehículo que son dependientes del momento en que se ha realizado otra en otro vehículo. Un ejemplo de esto es el trasbordo de viajeros entre vehículos. A partir de la posición proporcionada por el receptor GPS el ordenador embarcado lleva a cabo el posicionamiento autónomo del vehículo, realizando las operaciones necesarias para transformar la posición en GPS en la parada en la que se encuentra el vehículo. Este dato es utilizado por el subsistema de cobro para calcular el importe del servicio, por el de control de la planificación para verificar el cumplimiento de lo planificado y como información proporcionada hacia la red corporativa de la empresa si es solicitada. Con esta información el ordenador embarcado supervisa la actividad del vehículo manteniendo a la central informada de cualquier incidencia que impida el cumplimiento de la actividad comprometida con los usuarios.

En la red corporativa de la empresa debemos destacar una serie de dispositivos no móviles que destacan por su relación con los sistemas móviles y que forma parte de nuestro modelo ubicuo. Estos dispositivos son la consola de control de producción en donde hemos creado una herramienta que realiza un seguimiento de cada vehículo y valida si esta realizando la tarea planificada dentro de los parámetros definidos, se encarga del estado de la explotación, el control geográfico de la flota de vehículos, el control automático y en tiempo real de eventos de la explotación, actualiza la información para los puntos de información al usuario donde el usuario puede informarse de que vehículos pasa por el punto donde se encuentra, cuando y hacia donde pasa y la consola de mantenimiento, donde se registra cualquier incidencia referente a los sistemas embarcados como rotura de algún dispositivo o excepción del software. Desde esta consola también se pueden lanzar operaciones a realizar en los sistemas embarcados, como actualizaciones de datos o programas, realizar pruebas en algunos sistemas para su posterior implantación masiva, etc.

### **3.2.2.2 Red ubicua.**

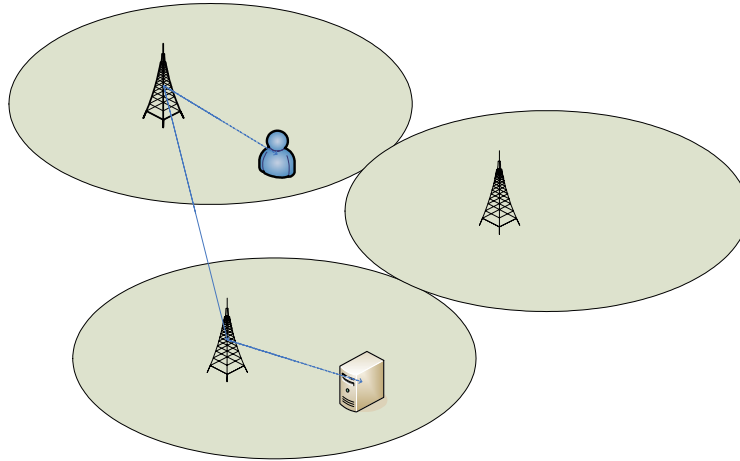
En nuestro sistema ubicuo la red de comunicaciones se encarga de los intercambios de datos entre los dispositivos integrados en el sistema, tanto fijos como móviles. Transporta los datos necesarios para que cada dispositivo

ubicuo realice su tarea y recoge los resultados de la tarea realizada. Para gestionar la conexión con los dispositivos móviles utilizamos un dispositivo fijo que actúa como nodo de comunicaciones conectando la red corporativa con los dispositivos móviles. El nodo de comunicaciones encamina todas las peticiones realizadas por los usuarios de la red corporativa, recibe los datos procedentes de los dispositivos móviles y los envía a su destino. Nuestra arquitectura de red incorpora una conexión de comunicación móvil a larga distancia, una conexión a red local basada en IEEE 802.11 para conexiones a media distancia y conexiones a corta distancia para servicios personales como los medios de pago sin contacto.

En la infraestructura de comunicación móvil a larga distancia contratamos los servicios de un operador que nos dé cobertura en el área de actuación de los móviles. Si bien es posible la solución propietaria esta supone un desembolso económico muy alto en dotación de infraestructura, ya que es necesaria la adquisición adicional de repetidores y enlaces entre ellos para cubrir la cobertura de la empresa. La calidad y servicios de esta solución van a depender del gasto de infraestructura realizado. Esta solución no conlleva gasto adicional por la utilización de los recursos pero tiene varios inconvenientes: los cambios tecnológicos y la amortización de la inversión. Los avances tecnológicos en materia de telecomunicaciones suceden con gran rapidez lo que hace que los operadores oferten servicios de valor añadido con unos costes razonables. Por otro lado hay que realizar la renovación y el mantenimiento de los equipos, normalmente en lugares inhóspitos. La elección de la utilización de una solución a través de un operador, implica un gasto relativamente pequeño de infraestructura, la adquisición de terminales, presente también en la solución propietaria. El cliente comparte la infraestructura, normalmente de gran capacidad y paga por su utilización. La generalización de la utilización de los servicios de comunicaciones móviles y la competencia entre operadores ha conseguido que haya en el mercado gran variedad de ofertas que dan respuestas a las necesidades con unos costes basados en umbrales de utilización.

Hay varias soluciones para la comunicación a larga distancia. La más sencilla es la solución PMR simple en la que el emisor emite en una frecuencia dada y el mensaje es captado por cualquier emisora similar sintonizada en el mismo

canal. Esta solución válida sobre áreas limitadas, puede aumentar su alcance mediante la utilización de una estación repetidora. Esta solución aunque rudimentaria tiene una ventaja sobre soluciones más evolucionadas y es la disponibilidad del canal en caso de emergencia.



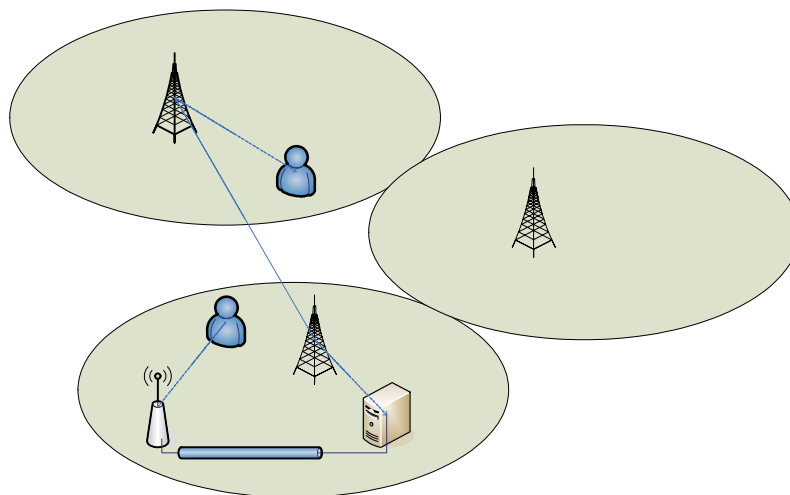
**Figura 24: Comunicación a larga distancia**

Las otras soluciones se encaminan hacia la competencia por el espacio radioeléctrico entre los usuarios, como es el caso del sistema de radio trunking. Este sistema sigue el modelo de la telefonía clásica en el que un conjunto de canales da servicios a todos los usuarios y sólo se asigna un canal cuando es necesario. La bondad de esta solución está condicionada al número de canales disponible y a la probabilidad de que un usuario que quiera usar el servicio lo encuentre disponible. Con esta misma idea se encuentran los sistemas de radio celulares que han ido evolucionando desde el GSM inicial hacia el UMTS. Estos sistemas aportan gran cobertura y el aumento de velocidad. Este aumento de velocidad les ha permitido dar servicios conmutación de paquetes de forma que se pueda utilizar protocolos estándar de amplio uso como son la familia de protocolos TCP/IP. Con esto se consigue por un lado que sea totalmente transparente para las aplicaciones el medio de comunicación utilizado y la utilización de las aplicaciones estándar sobre estos sistemas de comunicación.

Los costes de utilización de la infraestructura de comunicaciones a larga distancia nos impulsan a marcarnos como objetivo la racionalización del uso de las comunicaciones minimizando el gasto. Un análisis de la utilización de los datos que se obtienen de los sistemas móviles nos muestra que hay ciertos



datos que deben ser comunicados tan pronto suceden, ya que es probable que requiera una actuación inmediata por parte del receptor de esos datos. Es el caso de los datos relacionados con el cumplimiento del servicio que se está prestando, por ejemplo la ocupación del vehículo, retraso o adelanto del paso por parada, etc.



**Figura 25: Racionalización de las comunicaciones**

Sin embargo hay otros datos que no es necesario comunicarlos de forma inmediata sino que pueden almacenarse y ser comunicados posteriormente. Es el caso del detalle de las operaciones realizadas a lo largo de cada servicio, los resúmenes de la recaudación del servicio, etc. Es el caso del software para el sistema embarcado o los datos necesarios para la producción que mediante una actualización planificada pueden ser transferidos y entrar en vigor en una fecha posterior. Para todo este tipo de transferencias hemos añadido a la red ubicua un sistema de transferencia a corta distancia propiedad de la compañía que proporciona comunicación inalámbrica, buena velocidad de transferencia e integración con la red corporativa de la empresa (Figura 25).

Esto lo llevamos a cabo mediante la implantación de una red local inalámbrica (WLAN) bajo el estándar 802.11 (WIFI) que se extiende por los puntos en los que los móviles paran durante el tiempo suficiente para realizar estas transferencias. Es el caso de las estaciones de autobuses, talleres de la empresa, corrales de autobuses, etc. Por lo tanto proponemos una infraestructura inalámbrica mixta que permita decidir que debe enviarse de forma inmediata y que se envía cuando se entre en cobertura de la red

inalámbrica 802.11 (Figura 26). Esta red va a proporcionar una alta velocidad frente a lo que proporciona los operadores, permitiendo operaciones de descarga masiva de datos, actualización de software y la actividad remota del operador en los dispositivos móviles.

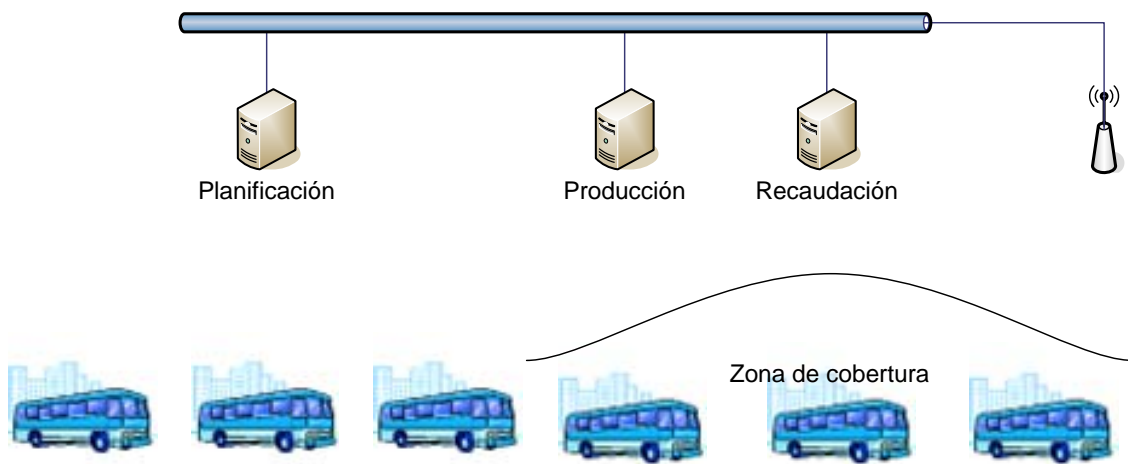


Figura 26: Comunicación a media distancia

### 3.2.2.2.1 *Transferencia de datos.*

La elección de cómo transferir depende del tipo de datos a comunicar, la prioridad de estos y de la disponibilidad de las infraestructuras de red. Concretamente para datos cuya comunicación es prioritaria se utiliza una comunicación directa entre las aplicaciones y permite utilizar el canal más conveniente, a corta, media o larga distancia. En cambio cuando los datos no son prioritarios utilizamos un esquema de comunicación basado en buzones en el que los mensajes no prioritarios son almacenados para ser transmitido posteriormente. Es un sistema de distribuido que comunica agentes móviles integrando sistemas móviles no interactivos basados en un esquema de buzones de correo.

Estamos en un entorno de sistemas móviles distribuidos, en el que usuarios y sistemas ubicados en distintos lugares trabajan utilizando recursos dispersos geográficamente. Es común encontrar sistemas que utilizan agentes móviles en campos como comercio electrónico, sistemas de información pública, administración de redes, etc. En general los agentes móviles juegan un papel esencial en sistemas distribuidos y en red. Un agente móvil es un elemento autónomo que se mueve por el sistema de información. El sistema de

información proporciona los recursos necesarios para realizar la movilidad y las comunicaciones. Para garantizar la comunicación entre los agentes es necesaria la utilización de protocolos de comunicación. Se han propuesto muchos esquemas de comunicaciones móviles, en general con supuestos y metodologías particulares, por lo que no se tiene un modelo estructurado y uniforme para el análisis de efectividad y rendimiento en el contexto de sistemas de agentes móviles.

Nosotros hemos utilizado un esquema estructurado para el diseño del protocolo de comunicación de datos para los agentes móviles. Este esquema se basa en el uso de buzones de correo para almacenar los mensajes de cada agente móvil, permitiendo que tanto el agente como el buzón residan en sistemas distintos que migren separadamente. El sistema que desarrollamos nos permite transferir datos entre los sistemas en los que se encuentran los agentes móviles con el fin de administrar y mantener un sistema de información corporativo que integra un conjunto de plataformas de móviles de forma remota y automática. El contexto general es el de un sistema de información corporativo que integre sistemas móviles y no móviles. Los sistemas móviles se desplazan en un área geográfica grande y sin intervención humana en la transferencia de los datos y no están conectados permanentemente a la red corporativa. En nuestro caso el sistema de información corporativa es el sistema de información de una compañía de transporte público de pasajeros que tiene un sistema móvil instalado en cada vehículo realizando funciones de control del cumplimiento del tiempo de paso por parada, de excepciones software y hardware producidos en los sistemas embarcados, registro y transferencia automática de los datos de la actividad producida a bordo. Estas funciones se realizan sin que haya una comunicación periódica con ningún centro de control, utilizando los recursos de comunicación de manera eficiente. Para cumplir con sus funciones es necesario que los sistemas móviles tengan el hardware y software necesario para trabajar de forma autónoma. Para garantizar la disponibilidad de los recursos software es necesario utilizar alguna herramienta que nos permita la transferencia de los elementos software a los sistemas móviles embarcados. Esta herramienta facilita la administración y mantenimiento del sistema ya que se puede realizar de forma autónoma y no

supervisada, aspecto crítico en los sistemas de información corporativos basados en sistemas de información móvil.

Para realizar estas tareas hemos que diseñado un protocolo que cumple con los siguientes requerimientos:

- **Transparencia local.** Los sistemas móviles son integrados esporádicamente en la red corporativa utilizando estaciones móviles. El sistema permite enviar y recibir mensajes sin tener en cuenta su localización física.
- **Asincronía.** Para garantizar la entrega fiable de mensajes, los mensajes enviados y la migración de los mensajes deben estar coordinados por el sistema. Esta coordinación no debe afectar a la movilidad el agente.
- **Fiabilidad.** El sistema debe asegurarse que todos los mensajes son encaminados al agente de destino, independientemente de cómo migre.
- **Eficiencia.** El coste de comunicación debe minimizarse para realizar las dos operaciones, migración de los agentes y entrega de mensajes. El coste incluye aspectos como distancia, número de mensajes, tamaño del mensaje, etc.

#### *3.2.2.2.1.1 Esquema basado en buzones.*

El esquema tiene tres componentes: los agentes móviles, los buzones y los sistemas móviles. Cada agente móvil tiene un buzón donde almacena los mensajes recibidos. Los agentes son autónomos y móviles y los buzones son móviles pero no autónomos ya que no pueden determinar donde migran. Un agente puede enviar mensajes al buzón de otro agente. Para que los mensajes del buzón lleguen al agente se puede hacer una política de “pull”, en la que los mensajes son enviados al agente o una política “push” en la que el agente solicita los mensajes. Por lo tanto en la comunicación entre dos agentes se producen dos operaciones: enviar el mensaje al buzón del agente receptor y enviar el mensaje del buzón al agente receptor. Para aplicar este esquema a nuestro problema hemos establecido la siguiente configuración. Los sistemas de información móviles de los vehículos juegan el papel de agente móvil, la aplicación que envía o recibe los mensajes son los agentes. Cuando los agentes se ejecutan en los sistemas móviles, serán agentes móviles. Para garantizar que los mensajes no se pierden durante la transmisión y entrega de

los mensajes se utiliza un servicio fiable de comunicación de red de alto nivel. La Figura 27 representa la visión general del sistema, los agentes móviles se ejecutan en la plataforma móvil instalada en los vehículos y esporádicamente se integran con los agentes no móviles. Los buzones de los agentes móviles se encuentran en el servidor.

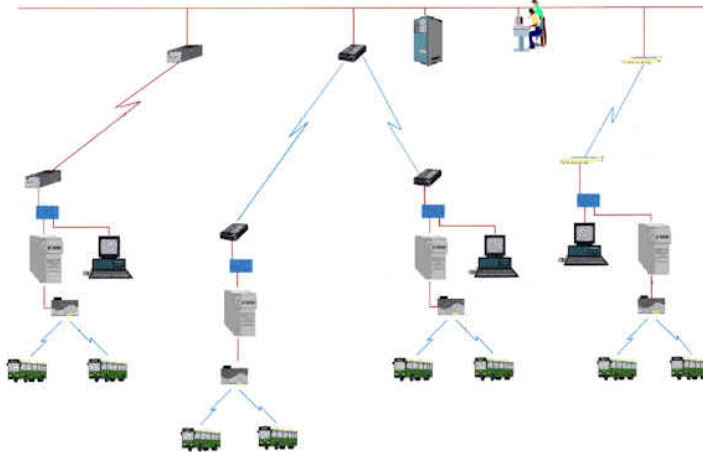


Figura 27: Visión general del sistema

Para explicar de forma sistemática los aspectos más relevantes del sistema, nuestra descripción se basa en el modelo propuesto por Cao (Cao, 2002). En este modelo se definen tres parámetros en cada aplicación de comunicación móvil: frecuencia de migración el móvil, lectura de los mensajes del buzón y sincronización entre migración y lectura.

**Frecuencia de migración.** Es el número de migraciones que suceden cuando el móvil esta actuando. En general hay 3 opciones:

- **Sin migración (NM).** El buzón permanece en la misma plataforma agente, su “home”. Esto quiere decir que aunque el agente migre a diferentes plataformas agentes, los mensajes siempre se envían al buzón en la plataforma “home” y luego se reenvían a la plataforma donde se encuentre el agente.
- **Migración total (FM).** El buzón de correo es parte del agente móvil y migra con el.
- **Migración de salto (JP).** El buzón y el agente pueden migrar dinámicamente. El agente móvil determina donde esta su buzón considerando factores de distancia, número de mensajes, etc.

Nuestro sistema utiliza la opción sin migración (NM) ya que esta opción no produce costes y es más simple desde el punto de vista del diseño. Además, en general, NM trabaja bien con sistemas pequeños o medianos, con pocos agentes móviles, como es nuestro caso.

**Entrega de mensajes.** Los mensajes para los agentes móviles deben enviarse primero a al buzón y desde el buzón son entregados al agente móvil. Para realizar esta segunda comunicación hay dos opciones:

- **Operación push (PS).** Al realizar esta operación los mensajes son enviados del buzón al agente móvil y por lo tanto el buzón debe saber donde se encuentra el agente móvil. Esto quiere decir que las migraciones del agente móvil deben ser comunicadas al buzón.
- **Operación pull (PL).** Con la operación pull los mensajes son obtenidos por el agente cuando son necesarios. El buzón no sabe donde se encuentra el agente móvil y es él quien pregunta al buzón por sus mensajes.

En nuestro sistema hemos seleccionado la operación push por dos razones: en ocasiones es necesario que la información llegue al sistema de información móvil de los vehículos tan pronto como sea posible y segundo, la operación pull produce un incremento de costes en la entrega del mensaje.

**Sincronización entre entrega y migración.** Este aspecto se refiere a la fiabilidad del sistema. Para evitar pérdidas de mensajes el sistema puede comportarse de las siguientes formas:

- Sin sincronización (NS). Sincronización entre el sistema emisor del mensaje y la migración del buzón (SMH)
- Sincronización entre el buzón emisor del mensaje y la migración del agente (SMA)
- Sincronización total (FS) que cubre las dos sincronizaciones anteriores.

En nuestro sistema usamos sincronización SMA; los agentes no móviles están sincronizados con los agentes móviles. Cuando un agente móvil contacta con un agente no móvil, envía un mensaje de registro y espera por un reconocimiento. Entonces los mensajes son enviados y por cada mensaje enviado al agente móvil se espera un reconocimiento de que el mensaje ha sido recibido. Antes de que el agente móvil migre envía un mensaje indicando

que va a migrar y el agente no móvil puede enviarle los mensajes pendientes o no.

Este esquema se puede expresar en un modelo tridimensional que puede usarse para desarrollar y evaluar protocolos y aplicaciones en el campo de las comunicaciones móviles. Usando esta visión del esquema, el protocolo usado por nuestro sistema se puede caracterizar como un protocolo (SMA, NM, PS). Por ejemplo IP móvil es un protocolo (NS, NM, PS) así nuestro protocolo es similar a IP móvil con sincronización. (García, 2004, 2).

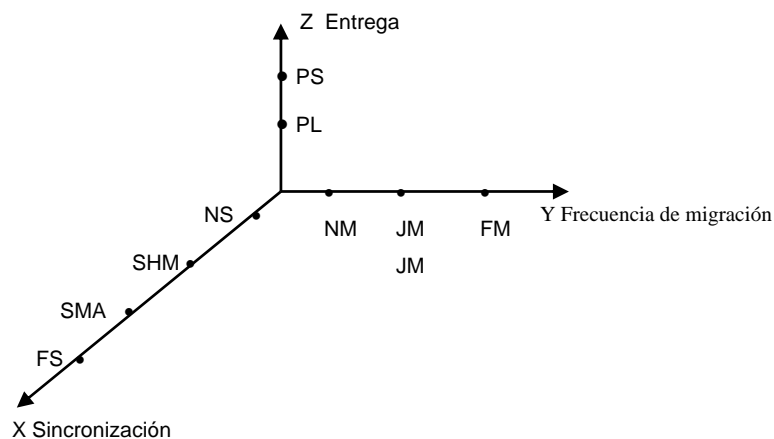


Figura 28: Espacio de diseño.

### 3.2.2.3 Middleware

El middleware es la interfase entre el núcleo de red y las aplicaciones. Es la capa que se encuentra entre la red y las aplicaciones ubicuas proporcionando un entorno transparente para el desarrollo de aplicaciones y de utilización de las comunicaciones entre dispositivos utilizando la información de contexto. El middleware muestra un escenario uniforme para el desarrollo de aplicaciones ubicuas. En el modelo que hemos desarrollado el propósito del middleware es integrar los sistemas móviles embarcados con el resto de la red corporativa permitiendo la comunicación entre las aplicaciones de forma espontánea y transparente.

El middleware utiliza las infraestructuras de red para integrar los distintos sistemas, tomando en cuenta criterios técnicos, estratégicos y económicos, haciendo uso de la información del contexto y decidiendo que infraestructura usar, como usarla y cuando comunicar. Los aspectos técnicos tienen que ver con la disponibilidad de las infraestructuras de comunicación y sus

capacidades. Los aspectos estratégicos tienen que ver con los distintos grados de prioridad de los datos producidos y el aspecto económico con los costes de la comunicación dependiendo que infraestructura se use. (García, 2005,2). El middleware proporciona información de contexto a las aplicaciones para la toma de decisiones de forma espontánea. De esta manera las aplicaciones realizan sus tareas en el sistema de forma transparente utilizando una interfase uniforme.

El middleware tiene una estructura funcional multicapa que comunica la red ubicua y con las aplicaciones. Esta formada por una capa de interfase con las aplicaciones, una interfase con la red ubicua y entre estas dos capas se encuentra dos módulos, el módulo de gestión y el módulo de mensajería.

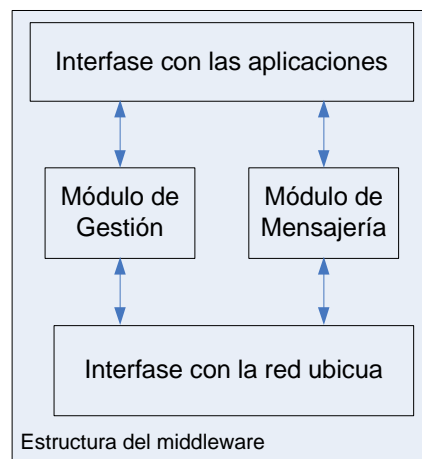


Figura 29: Estructura del middleware

### 3.2.2.3.1 Interfase con las aplicaciones

#### 3.2.2.3.1.1 Modelado del contexto

En nuestro modelo un dato relevante de contexto es una entidad de contexto y cada una de estas entidades se define especificando los siguientes atributos:

- Identificador simbólico de la entidad. Se trata de un nombre que identifica a la entidad en todo el sistema, por tanto toda aplicación que necesite hacer uso de esta entidad deberá tener acceso a este nombre.
- Tipo de dato. Define los valores que puede adoptar la entidad.
- Ubicación en el sistema. Ruta completa que indica dónde está almacenada el valor de la entidad. La especificación de todas las



entidades está organizada en una estructura de árbol. Cada entidad está asociada a un nodo hoja y es direccionada proporcionando el recorrido desde la raíz al nodo hoja que representa a la entidad.

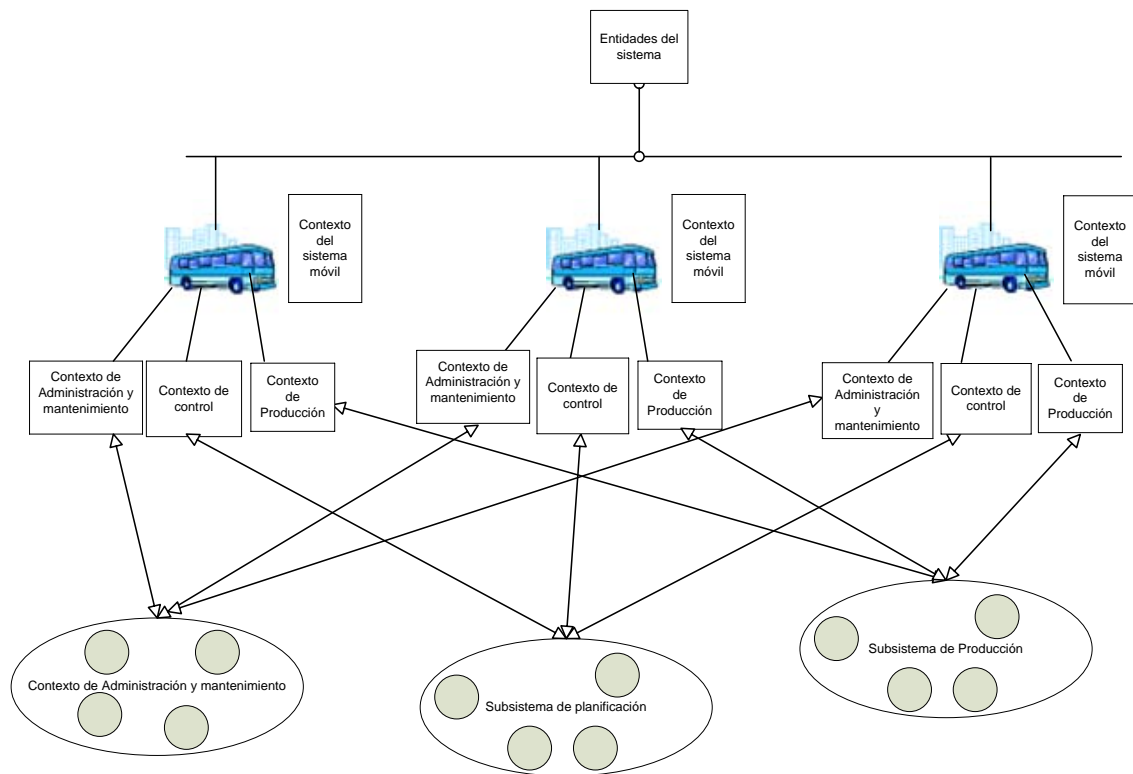
Además existen ciertos datos de contexto que se utilizan para garantizar que las comunicaciones y el flujo de datos se lleva a cabo de manera conveniente, tanto desde el punto de vista técnico como de política corporativa.

A las entidades se les añade los siguientes atributos de control:

- Propietario. Utilizando la notación empleada para especificar la ubicación de las entidades se especifica que aplicación es la propietaria de la entidad, por tanto puede llevar a cabo cualquier operación sobre ella.
- Grupo propietario. Identificador asociado a un conjunto de aplicaciones a las que se les dan ciertos privilegios especiales, en relación con el resto de aplicaciones, y que pueden ser incluso análogos a los de la aplicación propietaria.
- Permisos de acceso: se distinguen dos tipos de acceso: lectura y escritura. Estos permisos se asignan a tres grupos de acceso: aplicación propietaria, aplicaciones que forman parte del grupo propietario y aplicaciones que no sean ninguna de las anteriores.

Las entidades de contexto se agrupan en diferentes espacios de información, asociados a subsistemas funcionales distintos (Figura 30):

- Contexto del sistema. Formado por todas las entidades necesarias para gestionar las comunicaciones y el flujo de datos. Este contexto será manejado sólo por las aplicaciones que tengan los privilegios adecuado.
- Contexto del cliente. Formado por todas las entidades necesarias por el subsistema de información al viajero.
- Contexto de producción. Formado por todas las entidades relacionadas con las operaciones realizadas en las tareas de producción y la recaudación. Se actualizan en los sistemas embarcados.
- Contexto de control. Formada por las entidades necesarias para realizar el control de las operaciones de la flota.
- Contexto de mantenimiento. Formado por las entidades relacionadas con la administración del software y el mantenimiento de los dispositivos embarcados.



**Figura 30: Entidades y contextos del sistema.**

Tanto las entidades como las distintas agrupaciones de éstas se organizan de forma jerárquica dando lugar a diferentes contextos. Esta estructura jerarquizada la utilizan las aplicaciones durante su ejecución y también la utiliza el entorno de desarrollo para la creación de nuevas aplicaciones.

#### 3.2.2.3.1.2 Definición de acciones dependientes del contexto.

Desde el punto de vista de la topología de sistemas de información descrita por Caddy [Caddy, 2004], los subsistemas de nuestro modelo ubicuo son de tipo transaccional, donde se transmite un gran volumen de datos a y desde los sistemas móviles embarcados. El control de flujo de las transacciones se realiza por una serie de reglas que se ejecutan de forma automática en las distintas aplicaciones móviles. Estas reglas consideran aspectos tecnológicos y estratégicos de la empresa modelados utilizando la información del contexto proporcionada por el middleware. Por ello, desde el punto de vista de las aplicaciones ubicuas, nuestra arquitectura se puede describir como un conjunto de procesos basados en acciones dependientes del contexto que producen información que se transmite a otros procesos utilizando canales de

comunicación genéricos y transparentes. En nuestro modelo el run-time del middleware proporciona estos canales de comunicación y establece que esquema de comunicación se utiliza. La declaración de eventos se realiza a través de la declaración de reglas que determinan el evento a controlar y la acción a realizar. Las reglas están formada por dos elementos: la condición que determina la ocurrencia del evento y la acción que se debe realizar. En la condición interviene una variable de la información de gestión que es comparada con otra variable de la información de gestión o con una constante. Las acciones es lo que se debe hacer cuando se cumple la condición y puede ser una operación con variables de la información de gestión o realizar una notificación, en cuyo caso se debe especificar que información debe comunicarse y el nivel de urgencia de la notificación, cuando debe notificarse. Estas reglas poseen una estructura común que consiste:

- Especificación del conjunto de entidades observables empeladas por la regla.
- Expresión que establece la condición de disparo. Esta expresión está construida con operadores lógicos siendo los identificadores de las entidades observables los operandos.
- Acción a realizar en forma de establecimiento de un canal de comunicación, operación o ejecución de una nueva aplicación.

Cada aplicación está estructurada de la siguiente manera:

- Archivo dónde se especifican las entidades observables que utiliza.
- Un segundo archivo que especifica el conjunto de eventos a controlar mediante reglas.
- Un tercer archivo que especifica los valores de los parámetros básicos de configuración, estos son: ubicación de los archivos anteriores, clave de acceso a las entidades observables y periodo en que se monitorizan las entidades observables.
- Módulo genérico de run-time del middleware que se ejecuta en el ámbito de la aplicación.

### 3.2.2.3.2 Entorno de desarrollo de aplicaciones ubicuas.

Las aplicaciones se configuran con un conjunto de ficheros donde se representan las especificaciones de la aplicación. Las entidades de contexto utilizadas en las especificaciones deben ser referenciadas mediante su identificador, localizada en la estructura jerárquica y verificar que la aplicación tiene permisos de acceso a la entidad de contexto. Si la validación tiene éxito se genera un descriptor que permitirá el acceso a la entidad de contexto. Una vez obtenido los descriptors se genera el fichero de entidades de contexto de la aplicación y utilizando un lenguaje específico desarrollado para ello. Hemos desarrollado una herramienta que realiza un análisis léxico y sintáctico para verificar la especificación del fichero de contexto.

#### 3.2.2.3.2.1 Sistema de gestión.

Para gestionar los móviles y volumen de transferencia entre los distintos móviles y el nodo de comunicaciones diseñamos un sistema de gestión de las comunicaciones. Este sistema tiene dos unidades funcionales, uno se encuentra en el nodo de comunicaciones, el gestor y es otro se encuentra en cada uno de los móviles gestionados, el agente. El gestor y los agentes se comunican a través de la red ubicua con el protocolo de gestión (Figura 31).

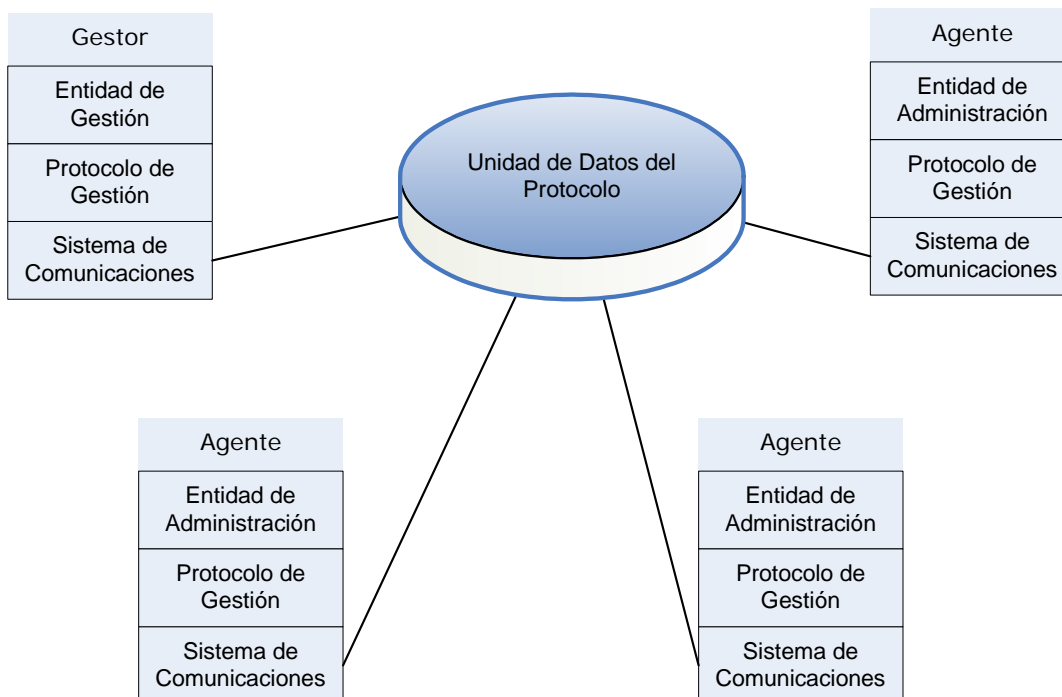


Figura 31: Sistema de gestión

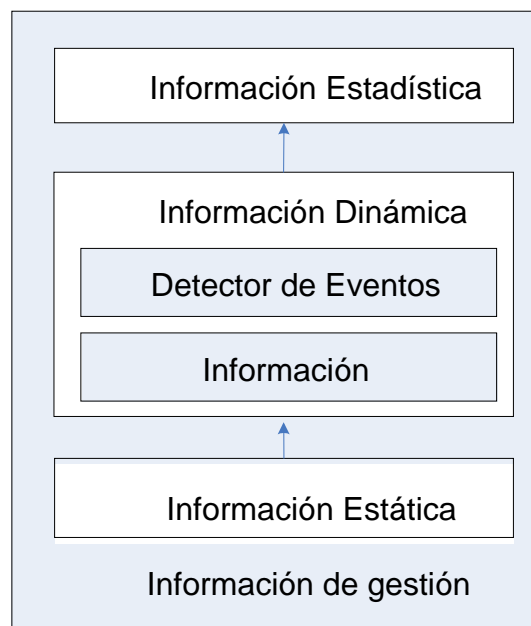
Entre las funciones del sistema de gestión se encuentra la gestión de fallos, fallo entendido bien como situación anómala que requiere una actuación inmediata como la ocurrencia repetitiva de algún evento, señal de que algo no funciona correctamente. El sistema de gestión puede llevar una contabilidad del uso del sistema de comunicaciones permitiendo evaluar el gasto realizado por cada uno de los elementos móviles. También puede gestionar la identidad de cada uno de los móviles y de los distintos dispositivos conectados en cada instante. Apoyándose en el sistema de gestión se realizan dos tareas muy importantes en la producción de la empresa. El seguimiento de los distintos dispositivos móviles, así como su información de estado; en producción, retén, fuera de servicio, averiado, etc., y el rendimiento de del sistema de producción; el grado de cumplimiento del servicio ofertado. Para realizar esta tarea el sistema se apoya en una planificación inicial que debe ser depurada mediante monitorización, hay que asociarle métricas que definan el grado de cumplimiento y definiendo que valores de umbrales deben ser comunicados de forma inmediata.

#### *3.2.2.3.2.2 Información de control.*

La información de gestión es toda información que pueda ser útil a los operadores del sistema, tanto operadores de mantenimiento como operadores del sistema de explotación. El procedimiento para la recopilación de esta información se lleva a cabo mediante la definición en las entidades de administración de la información a recopilar y sus características.

Asociada a esta información se encuentra otro tipo de información referente a en que situación hay que comunicar a las entidades de gestión el estado de esta variable. La información de gestión se clasifica en información estática, información dinámica e información de estadísticas. La información estática hace referencia a la información que raramente varía. Esta información esta relacionada con la configuración del sistema y con la definición de que información dinámica hay que almacenar. La información dinámica es aquella que se genera en el sistema remoto como consecuencia de su actividad. Esta asociada a la evolución del hardware del sistema, para la detección de fallos y a la actividad de explotación del sistema, para la detección de eventos. La información estadística se deriva a partir de la información dinámica y son

índices de la actividad del sistema. Las entidades de administración envía información hacia las entidades de gestión cuando estas lo solicitan, notificación bajo demanda o cuando ocurre algún evento de relevancia que debe ser comunicado de forma inmediata, notificación espontánea. La notificación bajo demanda obedece a un comando enviado por las entidades de gestión a través del protocolo en el que solicita el valor de alguna de las variables del sistema. La notificación espontánea se lleva a cabo cuando se cumple una condición especificada por las entidades de gestión como situación que debe ser notificada de forma inmediata. La condición que provoca que se cumpla la condición asociada a un evento puede ser de naturaleza variada.



**Figura 32: Información de control**

Hemos definido tres tipos de condiciones que se pueden asociar a una variable provocando un evento su cumplimiento: cuando la variable cambie de valor, comunicación periódica o cualquier otra condición genérica. La implantación de este modelo requiere la definición de la información que debe ser recogida en los sistemas gestionados que luego sean proporcionados a los gestores del sistema. Es necesario un conjunto de reglas que nos permita comunicar a los agentes la información de gestión que debe ser almacenada, así como la definición de una estructura de archivos que contiene la información del dispositivo gestionado.

Como la estación de gestión es responsable de un gran número de agentes, es impracticable que la estación de gestión interroge periódicamente a todos los agentes. Para resolverlo el sistema permite la definición de condiciones en el sistema gestionado y su notificación cuando esto ocurra. Las condiciones están basadas en las medidas definidas en la información de gestión. La estrategia sería la siguiente. En la inicialización y a intervalos infrecuentes, la estación de gestión interroga a los agentes para comprobar la conectividad entre ellos y el agente es responsable de comunicar cualquier evento que este definido en las condiciones notificables.

### **3.2.2.3.3 Módulo de gestión.**

El sistema de gestión contiene en cada sistema administrado una entidad de administración agente que realiza las siguientes tareas:

- Recoge las estadísticas sobre la actividad del sistema.
- Almacena las estadísticas localmente.
- Realiza las órdenes de los comandos del centro de control de red
- Envía mensajes al centro de control de red cuando ocurra algún evento.

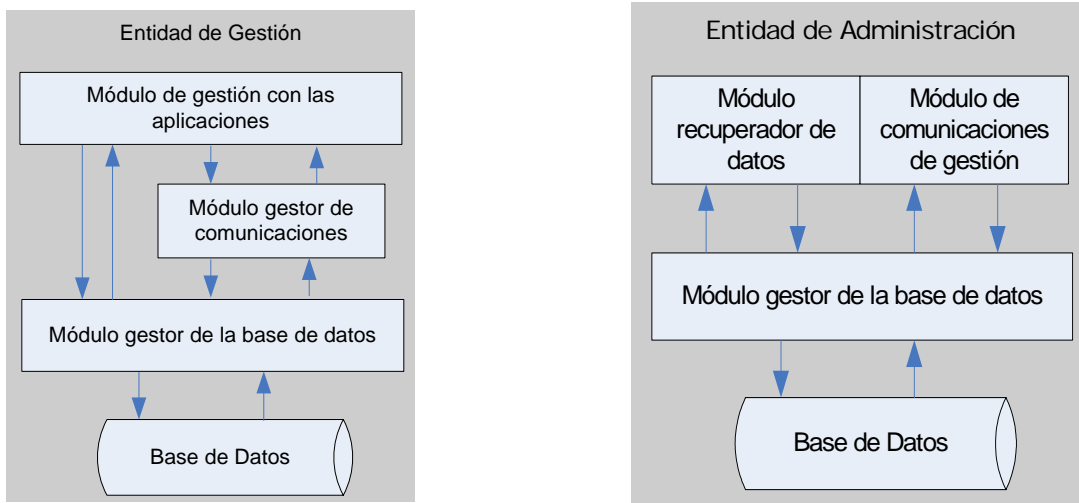
Existe al menos un centro de control que contiene la entidad de gestión. La entidad de gestión responde a los comandos emitidos por el operador mostrando la información y envía comandos a los agentes cuando sea necesaria. Para ello posee una interfase hombre-máquina que permita a los usuarios autorizados administrar el sistema. La comunicación entre las entidades de administración y las entidades de gestión se lleva a cabo mediante un protocolo de gestión que utiliza los recursos de comunicaciones disponibles. El diálogo entre las entidades de administración y las entidades de gestión utilizando el protocolo de gestión, se estructura en las unidades de datos de gestión. Los sistemas que contienen las entidades de administración del sistema las denominamos *agentes*.

#### **3.2.2.3.3.1 Los Agentes**

Los agentes del sistema de gestión deben recoger la información de la actividad del sistema y almacenarla. Esta información será enviada a los gestores cuando estos lo soliciten. La información almacenada por los agentes depende de cómo hayan sido configurados. La entidad de administración la

podemos dividir en módulos en función de las tareas bien diferenciadas que realiza (Figura 33):

- El módulo recopilador de datos. Se encarga de recoger los datos de la actividad del sistema. Estos datos serán almacenados en la base de datos de información del sistema.
- El módulo de comunicaciones de gestión. Se encarga de recibir y procesar las peticiones realizadas por los gestores a través de la línea de comunicaciones. El módulo gestor de la base de datos. Se encarga de realizar los accesos y actualizaciones de la base de datos.



**Figura 33: Estructura de las entidades de gestión y administración**

#### 3.2.2.3.3.2 Los Gestores

La entidad de gestión se encarga de mantener y almacenar los datos obtenidos de los sistemas remotos (agentes). Mantiene actualizado los datos de configuración de los sistemas y los datos dinámicos de la ejecución de la configuración de cada agente. Procesa las solicitudes de los usuarios accediendo a la información almacenada o bien emitiendo solicitudes a los agentes. La entidad de gestión la podemos dividir funcionalmente en varios módulos (Figura 33):

- El módulo de interfase con las aplicaciones. Es la interfase entre las aplicaciones que utilizan los operadores y el sistema de gestión. Se encarga de recoger las peticiones emitidas las aplicaciones de los operadores y de proporcionar la información de los sistemas.



- El módulo de comunicaciones es la entidad paritaria del mismo módulo en los agentes. Se encarga de emitir órdenes a los agentes y de recibir la información enviada por estos.
- El módulo gestor de la base de datos se encarga de llevar a cabo el acceso y actualización de los datos de los distintos sistemas administrados.

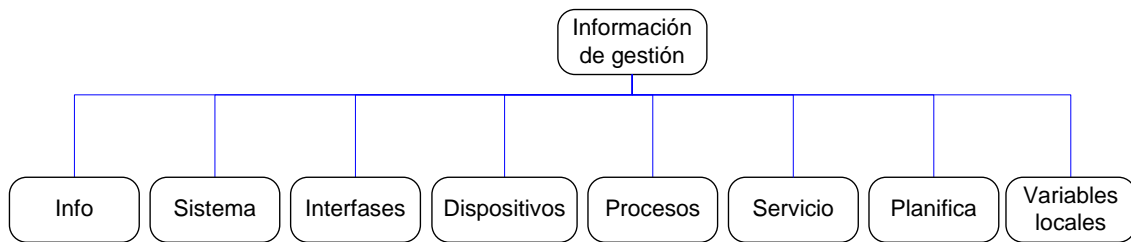
#### *3.2.2.3.3.3 Protocolo de gestión del sistema*

El protocolo de gestión del sistema es el medio de comunicación entre los agentes y el gestor del sistema. Por medio del protocolo el gestor se comunica con los agentes, definiendo la información a almacenar, solicitando la información almacenada y definiendo que eventos deben comunicarse inmediatamente al gestor sin esperar que sea solicitado. Los agentes utilizan el protocolo para enviar al gestor la información demandada. Para realizar la tarea demandada hay que leer y escribir las variables de la información de gestión de los agentes. La referencia a las variables de la información de gestión se realiza indicando su posición jerárquica en el árbol de información de gestión. Esta operación se realiza en modo cliente servidor, de manera que el gestor manda una solicitud al agente y este realiza la solicitud y responde. El protocolo proporciona dos políticas de comunicación:

- Petición / Respuesta en la que el gestor envía una petición un agente y el agente responde a la petición. La petición tiene como fin la recuperación o modificación de la información de gestión.
- Notificación en la que un agente envía información no solicitada al gestor. Esta información ocurrenencia de un evento expresado en términos de modificación de la información de control.

#### *3.2.2.3.3.4 Información de gestión para el transporte*

La información de gestión para el transporte es la información disponible en cada recurso administrado. Esta información organizada en forma de árbol de forma que se pueda manejar distintos grupos de información y se accede de manera sencilla y adecuada.



**Figura 34: Estructura de la información de gestión**

Está formada por ocho grupos abarcando información de configuración del recurso para su utilización en el transporte, información de los distintos procesos involucrados en la gestión y la información de producción (Figura 34). Esta información se puede utilizar para definir avisos espontáneos, cuando ocurra algún suceso, o para responder a cualquier interrogación realizada a través del protocolo.

#### **3.2.2.3.4 Módulo de mensajería.**

El módulo de mensajería da soporte a las aplicaciones para realizar tareas de actualización de datos y software en los sistemas, y recuperación de los datos de explotación de los sistemas. La facilitar estas funciones se apoya sobre un protocolo de transferencia de archivos estándar, con el que transporta una estructura de datos que lleva implícita una ejecución de una orden, donde se realiza esta orden y los parámetros asociados a esa orden. De esta forma se pueden realizar operaciones de sustitución de archivos, software o datos, borrado, detener un proceso, o cualquier orden que permita el sistema operativo. Cada sistema tiene asociado un buzón de entrada y otro de salida donde se depositan los mensajes que se intercambian entre los sistemas. Los mensajes son recogidos del buzón de salida y enviados al buzón de entrada del sistema especificado en el mensaje. Los mensajes que se encuentren en el buzón de entrada son ejecutados con la orden que especifique el mensaje.

#### **3.2.2.3.5 Interfase con la red ubicua.**

La capa interfase con red ubicua proporciona un canal de comunicación entre los dispositivos ubicuos. Proporciona independencia a las aplicaciones respecto a las infraestructuras utilizadas para la transmisión de datos. Se comporta como una capa de adaptación a las infraestructuras de

comunicaciones. Esta capa implementa el acceso a las infraestructuras de comunicaciones y envía los datos suministrados a través de las primitivas de acceso al dispositivo solicitado. Así mismo recibe los datos de la red ubicua y los entrega al dispositivo adecuado. Para esta capa he desarrollado unas primitivas de comunicación con las aplicaciones y otras de comunicación con la red ubicua. De esta manera la capa de interfase con la red ubicua recibe los datos a enviar de la aplicación, la dirección del dispositivo que debe recibirlo y la infraestructura por la que debe enviarlo. La capa de interfase con la red ubicua encapsula los datos en el formato correspondiente a la infraestructura elegida y los envía hacia el destino. Igualmente recibe los datos de la red ubicua, los desencapsula y los entregan al módulo correspondiente.

### **3.2.2.4 Aplicaciones ubicuas**

El sistema tiene que cubrir las funciones definidas anteriormente en la arquitectura funcional. Estas funciones realizadas por el subsistema de control de flota, el subsistema de producción, el subsistema de información a los clientes, el subsistema de información e la producción y el subsistema de mantenimiento de la flota, deben concretarse en la definición de de un conjunto de aplicaciones que definimos a continuación.

#### **3.2.2.4.1 *Aplicativo de producción.***

La aplicación de producción se encuentra en los sistemas embarcados y realiza las tareas necesarias para llevar a cabo el servicio prestado. Una parte de ella es la interfase hombre máquina de la producción con el SI de la organización. Esta aplicación debe controlar el acceso al sistema de producción, supervisar y realizar la ejecución del servicio planificado, guiando las operaciones que puede realizar el operador, gestionando el cobro por los distintos medios de pagos y registrando todas las operaciones que se llevan a cabo.

#### **3.2.2.4.2 *Aplicativo de control de flota***

La aplicación de control de flota es un conjunto de herramientas para monitorizar y controlar la flota de forma integrada, en el sentido de:

- Una interfase de operador única, con un conjunto de órdenes amigable, que realiza todas o casi todas las actuaciones sobre la flota.

- Una cantidad mínima de hardware adicional, ya que la mayoría del hardware y software necesario para la gestión de la flota ya está en los equipos administrados.

El software necesario para realizar las tareas de gestión de la flota reside tanto en los sistemas móviles como en los dispositivos fijos. El sistema de gestión de flota lo hemos diseñado para que todo el sistema sea una arquitectura unificada, con direcciones y etiquetas asignadas en cada punto y atributos específicos en cada elemento del sistema. Los elementos móviles proporcionan información de su estado en base a la configuración cargada en ellos.

Como indicamos en punto anterior, cada sistema embarcado contiene un agente, que realiza las siguientes tareas:

- Recopila estadísticas sobre las operaciones realizadas en el sistema embarcado.
- Almacena las estadísticas localmente.
- Responde a las órdenes emitidas desde el centro de control de flota.

Los órdenes incluyen operaciones para:

- Información de posición
- Cambio de parámetros.
- Proporcionar información de estado.
- Enviar mensajes al centro de control de flota cuando se detecten cambios en las condiciones planificadas.

También hay un sistema en la red corporativa que realiza las funciones de sistema de control de la flota, el gestor. El gestor de la flota tiene una interfase con el operador que permite a un usuario autorizado gestionar la flota. El gestor responde a los comandos de usuario mostrando información y/o emitiendo comandos dirigidos a los agentes a través de la red. Esta comunicación es transportada mediante el protocolo de gestión de red hasta el agente y este envía la respuesta hacia el agente.

La monitorización de la flota consta de tres grandes áreas:

- Acceso a la información. Como definir la información a monitorizar y como obtenerla.
- Diseño de los mecanismos de monitorización. Como mostrar la información obtenida

- Utilización de la información monitorizada. Como se usa la información monitorizada en las distintas áreas de gestión.

En el diseño del sistema de monitorización hay que considerar es que tipo de información tiene interés. En este caso la información de control definida, es decir, la información estática, la información dinámica y la información estadística.

El software de gestión de flota lo dividimos en tres grandes categorías:

- Software de presentación para el usuario. Es la interfase de usuario, interfase hombre-máquina, entre un usuario de gestión de flota y el software de gestión de flota. Permite al usuario visualizar y controlar la flota. Un peligro de cualquier sistema de gestión es la sobrecarga de información. Si así se configura, el usuario de gestión tiene una gran cantidad de información disponible. Desarrollamos herramientas de presentación para organizar, resumir y simplificar esta información tanto como sea posible, tanto con información gráfica como textual o tabular.
- Software de gestión de flota. El software que proporciona la aplicación de gestión de flota proporciona servicios de interés del usuario, como gestión de fallos y control de la planificación, control de eventos; ejecutan primitivas y funciones de gestión de flota de propósito general. Se comunica con el software de presentación para el usuario. Por otro lado se comunica con el módulo de mensajería utilizado para intercambiar información de gestión entre gestores y agentes.
- Software de soporte de la gestión de flota. El software de gestión necesita acceder a la información de gestión de la flota. Para ello utiliza la información de gestión para el transporte definida en cada sistema administrado (agente) y en el gestor.

El gestor utiliza dos técnicas para obtener la información de los agentes, a través de la interrogación o mediante la excepción. La interrogación es una interacción solicitud-respuesta entre el gestor y el agente. El gestor puede preguntar a cualquier agente, si está autorizado, y solicitar los valores de los elementos de información y el agente le responde con los valores disponibles en su base de datos. El gestor utiliza la interrogación para aprender sobre la configuración de los sistemas, obtener información periódica o investigar ciertas situaciones en detalle después de una alerta sobre algún problema. Así

mismo se puede utilizar para emitir informes para un usuario y para responder a solicitudes de usuario específicas. En la excepción, la iniciativa es del agente y el gestor está escuchando a la espera de que llegue información. Un agente puede generar informes periódicos para informar al gestor su estado actual. Una excepción ocurre cuando sucede un evento significativo o inusual. Esta técnica es interesante para detectar problemas tan pronto como ocurran. Ambos métodos son útiles para los sistemas de monitorización y el énfasis en un método u otro depende de cómo se configure. En nuestro sistema, como es un sistema distribuido con inteligencia en los sistemas embarcados se sigue una política orientada a la excepción. En la monitorización de fallos el objetivo es identificar rápidamente los fallos lo antes posible después que ocurren e identificar la causa para que se pueda tomar las medidas para remediarlo. Localizar y diagnosticar los fallos puede ser una tarea muy difícil. Para la detección e informe de fallos, el agente realiza una serie de tareas orientadas a ese objetivo, como grabar errores y eventos significativos que estará disponible para ser consultada por los gestores autorizados, mediante interrogaciones o mediante la comunicación de una excepción por parte del agente; anticipación a los fallos mediante la definición de umbrales y emisión de informes cuando una variable supere su umbral.

#### **3.2.2.4.3    *Aplicativo de información al usuario***

La aplicación de control de flota mantiene la información real de lo que ocurre en producción, que es lo planificado y cuál es la desviación de la realidad frente a lo planificado. La aplicación de información al usuario tiene como objetivo dar información los servicios prestado, según la planificación y dar información en directo de las desviaciones sobre lo planificado. Para ello hemos diseñado un suministrador de información que toma como fuente los datos de la gestión de flota, que es interrogado por los clientes. Esta interrogación puede venir de sistemas de información permanentes, como paneles en las estaciones, en paradas, etc.; de interrogaciones vía webs; interrogaciones vía telefonía móvil, o cualquier plataforma que se capaz de interrogarlo a través de la red.

#### **3.2.2.4.4 *Aplicativo de mantenimiento de la flota***

La aplicación de mantenimiento de la flota se encarga de que los dispositivos móviles tengan las versiones correctas de software y los datos necesarios para prestar el servicio encomendado. Los móviles se encuentran dispersos por la geografía de actuación de la empresa no es fácil realizar esta tarea. Así mismo cuando se desea realizar un cambio de versiones de software o de datos es una tarea compleja.

Para resolver esta situación hemos diseñado una herramienta de mensajería que proporciona servicios de transferencia de mensajes con los dispositivos móviles. En los mensajes se permite la ejecución de órdenes, y la herramienta nos permite realizar un seguimiento de los mensajes en cuanto a su transferencia y al resultado de la ejecución de las órdenes que lleva en su interior. Permite enviar mensajes a un móvil, a todos los móviles o a un conjunto de móviles. Esto va a permitir no sólo el mantenimiento homogéneo del software en la flota sino también la posibilidad de realizar de manera sencilla la actuación o la obtención de datos de un móvil o conjunto de móviles a efecto de realizar pruebas de campo antes de implantar alguna solución.

Esta aplicación utiliza el envío de archivos estructurados (mensajes) entre el sistema central y los dispositivos. Estos mensajes están compuestos por una sección de órdenes y una sección de datos asociados a esas órdenes. Para realizar la difusión de los mensajes por la flota se utiliza el protocolo basado en buzones definidos anteriormente.

#### **3.2.2.4.5 *Aplicación de información de la producción y la recaudación.***

La aplicación de información de la producción y la recaudación prestan funciones a partir de los datos recogidos en los sistemas móviles y que se encuentran disponibles en los sistemas centrales.

Para obtener los datos de los sistemas móviles y que lleguen al sistema central se utiliza la mensajería definida anteriormente. Para ello el software construye órdenes de envío de mensajes con los archivos de los resultados de explotación y recaudación que es transportado con el protocolo de buzones y depositado en un repositorio del dispositivo central.

A partir de los datos de producción hemos desarrollado un módulo de estadísticas que genera resúmenes y estadísticas, analizando la información de gestión. Por su parte se han definido un protocolo de servicios de recaudación que prestará servicios a los clientes de recaudación.



## Capítulo 4: Aplicación

---



## **4.1 Introducción.**

En el capítulo anterior realizamos una propuesta de un modelo ubicuo para el transporte público de viajeros por carretera. Este modelo lo hemos aplicado en la empresa de transporte público de viajeros por carretera Global. Esta empresa opera en la isla de Gran Canaria prestando un servicio de transporte interurbano transportando más de 30 millones de viajeros anuales.

En este capítulo describimos la aplicación del modelo propuesto en Global. Antes de realizar esta descripción es necesario situarnos en la empresa donde se realiza la implantación y su entorno de trabajo.

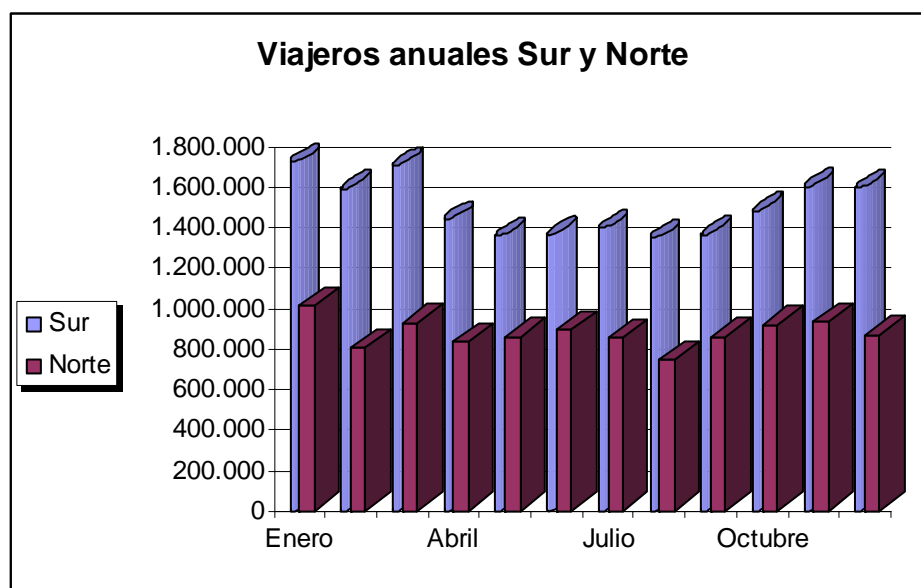
## **4.2 Entorno de aplicación.**

Global es el resultado de la fusión entre las dos principales operadoras de transporte interurbano regular de viajeros de Gran Canaria, Salcai y Utinsa. Hasta el momento de su fusión, en marzo de 2000, Salcai se ocupaba de la concesión sur-sureste de la isla, y Utinsa, de la centro-norte. Realiza el transporte interurbano cubriendo prácticamente toda la geografía de Gran Canaria. Gran Canaria cuenta con playas que ocupan casi 60 de los 236 kilómetros de longitud de costa de Gran Canaria. Vinculados a estas playas existen núcleos turísticos que gracias a las condiciones naturales y los servicios que se prestan son elegidos como destinos turísticos tanto de foráneos como de habitantes de la isla. Esto hace que haya movimiento de viajeros hacia y desde estas zonas no solo quién busca ocio y descanso sino también de los habitantes de la isla que prestan servicios en estas zonas turísticas.

Los viajeros que traslada Global se pueden agrupar en dos tipos. Un conjunto de viajeros, habitantes de la isla en la que gran parte de ellos lo hacen con regularidad y con un flujo previsible; ir al lugar de trabajo a ciertas horas, volver a casa; y otro conjunto que es el viajero temporal o turista. Según el informe de coyuntura turística de Febrero de 2005 del patronato de turismo de Gran Canaria durante el 2004 Gran Canaria recibió 3.272.274 turistas. Según este mismo informe la isla tiene 154.965 plazas turísticas de las que 107.474 se encuentran en S. Bartolomé de Tirajana y 39.155 en Mogán, municipios que se

encuentran en la zona Sur de la isla y donde se concentran las principales playas. Esto significa que la mayoría del turismo en la isla de Gran Canaria se concentra en el Sur y en general es turismo de playa. Si bien estos turistas pueden planificar visitas por el resto de la isla normalmente no tiene incidencia sobre los servicios públicos de transporte.

El movimiento de turistas tiene incidencia sobre el transporte público cuando ocurre de forma inesperada y de manera masiva. Esto sucede cuando la meteorología no ayuda a la utilización de la playa.



**Figura 35: Movimiento de viajeros en cada concesión de Global.**

Es en esta situación cuando se busca una alternativa al día de playa con visitas no planificadas al resto de la isla, por ejemplo a la capital, utilizando el transporte público. En situaciones como esta es importante que el transporte público y en este caso Global reaccione de forma adecuada para satisfacer la demanda de estos turistas. Por lo tanto entre sus zonas de trabajo se encuentra áreas turísticas donde los cambios climáticos influyen directamente en la demandas de los usuarios. Bajo esta premisa cualquier vehículo debe estar preparado para actuar en cualquier zona que cubra la empresa.

Para alcanzar su principal objetivo de mejorar la calidad de los servicios de transporte, las empresas que han conformado Global llevan años utilizando las tecnologías y aplicándolas a la gestión del transporte. Así, en 1986, Salcai instaló una expendedora de billetes a bordo de sus vehículos y en 1998 una

canceladora de tarjetas magnéticas en formato ISO con alta coercitividad (fuerza electromagnética requerida para magnetizar o codificar una banda magnética). En el año 1994 comienza la colaboración la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y más concretamente con nuestro grupo de investigación. Esta colaboración tiene como objetivos estudiar la viabilidad de obtener información de lo que sucede a bordo de los vehículos y dónde se encuentran. La obtención de esta información implicaba interactuar con dispositivos propietarios que formaban parte del sistema de producción embarcado. Este objetivo era prerequisite para poder integrar los dispositivos embarcados existentes y añadir los nuevos elementos e infraestructuras necesarias. En 1996 se firma un convenio de colaboración para la creación de un sistema de ayuda a la explotación. En 1998, Salcai fue la primera compañía española de transporte interurbano que comenzó a aplicar el llamado Sistema de Ayuda a la Explotación (SAE) (en transporte urbano existían unos pocos casos de SAEs como la EMT Valladolid con un SAE de la empresa GMV), un procedimiento que, combinando programas informáticos y telecomunicaciones, comunicación por radio y posicionamiento por satélite (GPS), permite a la compañía conocer en tiempo real la situación de todos sus servicios, las necesidades presentes y previsibles, las coordenadas de su flota y cualquier incidencia que requiera una decisión inmediata. Cada autobús de Salcai está dotado de un ordenador a través del cuál se controlan todos los parámetros necesarios para el mayor conocimiento de la expedición que se está realizando. Todos esos datos (viajeros, paso por paradas, velocidad, incidencias,...) son remitidos, por un sistema inalámbrico de comunicaciones a la central de datos de la compañía, en Las Palmas de Gran Canaria, donde se procesan para la toma de decisiones, en cada caso. Hay que destacar que Salcai, en el ámbito de este proyecto, fue la primera empresa en utilizar la tecnología WIFI en este tipo de entornos. Tecnología WIFI que en esos momentos no estaba normalizada y utilizó la solución que proporcionaba Lucent Technologies (empresa semilla (spin-off) de AT&T). El GPS proporciona información que sirve para que en el ordenador central los responsables del SAE sepan en cada momento dónde se encuentra cada guagua. El sistema se completa con cámaras de vídeo instaladas en los puntos tradicionalmente más

conflictivos o estratégicos de las carreteras de la isla. Las imágenes que se captan son vistas en la central de datos, con lo que se pueden prever contingencias de manera más adecuada. De este modo no sólo se consigue mejorar la rapidez en la aplicación de soluciones y una mayor calidad en los servicios, sino que también se obtienen mayores grados de seguridad y confort, se gana en agilidad y se optimizan los recursos, tanto humanos como técnicos, de manera que la empresa mejora su gestión, lo que redonda en última instancia en el cliente.

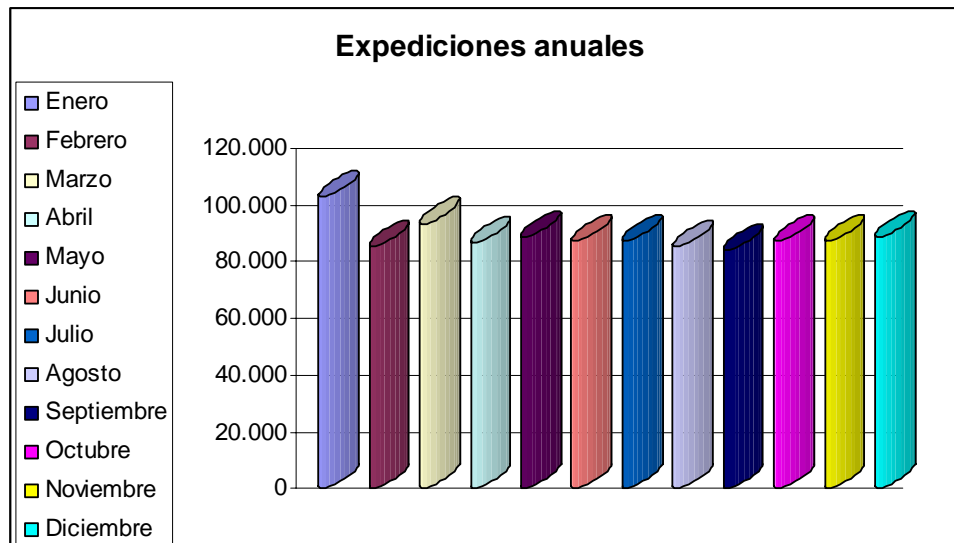
#### 4.2.1 Sistema de producción.

En el año 2005, Global tenía una flota de 312 autobuses que transportó más de 30 millones de viajeros., recorriendo más de 28 millones de kilómetros. Para prestar este servicio posee una plantilla de 775 trabajadores, realizando durante el año 2005, más de un millón de viajes (expediciones) de las 118 líneas ofertadas en su oferta. La flota de autobuses registra una ocupación media del 36,49% [Global, 2005]. Realiza una media de 3 millones de transacciones mensuales en operaciones en el interior del vehículo, lo que supone 36 millones de transacciones anuales. Estas transacciones que se realizan de forma automática.

2005					
Autobuses	Trabajadores	Viajeros	Expediciones	Km.Recorridos	Ocupación
312	775	30.240.341	1.103.359	28.505.890	36,49%

**Figura 36: Resumen Anual.**

La operación en Global se agrupa en servicios y en cada servicio se realiza un número de expediciones. Normalmente el servicio está asociado al trabajo que realiza un conductor en un día. Global realiza una media de 17.475 servicios mensuales y 88.693 expediciones. Cada servicio tiene una tipología que define que días se lleva y cuando en cada día. En base a esta información se determina cuando comienza cada expedición y cuando pasa por cada una de las paradas. La aplicación de nuestro modelo ha permitido el control efectivo del cumplimiento de la planificación. Esta información se le suministra al viajero para que determine cuando utilizar el servicio.



**Figura 37: Expediciones anuales**

Otro aspecto importante de Global es que su sistema de pago integra todos los medios de pagos disponibles en el transporte público: pago directo, pago en abonos, pago mediante tarjeta magnética y próximamente incorporará el pago mediante tarjeta sin contacto.

La producción de Global es una producción descentralizada ya que su flota de autobuses se encuentra dispersa por toda la geografía de Gran Canaria y todos los vehículos no vuelven a un lugar común. La empresa posee ciertas instalaciones situadas en ciertos lugares donde presta servicios. En estos lugares se concentran los autobuses cuando acaban los servicios. Además hay ciertos puntos donde hay gran confluencia de vehículos como ocurre en la estación de autobuses de la capital, o en puntos neurálgicos de la geografía. Esto es así para la mayoría de la flota excepto ciertos autobuses que por la naturaleza de la zona donde realiza los servicios no aparcan en instalaciones de la empresa ni realizan sus servicios pasando por puntos neurálgicos. Esto implica que todas las operaciones con la flota de vehículos son operaciones dispersas y las funciones deben ser funciones descentralizadas.

#### **4.2.2 Objetivos**

El objetivo principal de las herramientas desarrolladas es mejorar la calidad del servicio prestado. Esto se consigue utilizando datos de calidad de la realidad

productiva de la empresa, mejorando sus sistemas de información móviles embarcados.



**Figura 38: Puntos de confluencia.** Puntos de concentración de vehículos, como las estaciones de autobuses o talleres de la empresa donde se instalan dispositivos y puntos de acceso inalámbricos que conecta con la red corporativa.

Los aspectos que mejoramos son los siguientes:

- La calidad del servicio al usuario.
- La asignación de los recursos, humanos y vehículos.
- Integración automática de los datos productivos en el SI de la empresa.
- La situación de la empresa frente a los suministradores de sistemas embarcados.
- Las posibilidades de desarrollos tecnológicos.

Mejorar la calidad del servicio al usuario y la asignación de recursos esta relacionada con la utilización adecuada de la información obtenida en los sistemas embarcados. Conociendo el estado de la explotación se estará en mejor disposición de garantizar el cumplimiento de lo planificado, así como estar en disposición de afrontar demandas no previstas, aspecto importante



para una empresa como Global puesto que debe cubrir áreas turísticas donde los cambios climatológicos influyen directamente en la demanda de los usuarios. La meta es obtener toda la información necesaria, generada en la operación de la flota, que facilite la toma de decisiones. Disponiendo de la información de lo realizado se facilita la toma de decisiones a corto, medio y largo plazo.

Las decisiones a corto plazo tienen como objetivo garantizar el cumplimiento de los horarios de paso por las paradas comprometidos con los usuarios. Por medio de estas decisiones se resuelven excepciones aisladas en la planificación. Las decisiones a corto plazo suponen cambios en la planificación de los servicios, cambios en las rutas, asignación de vehículo, asignación de conductor, etc. Las decisiones a largo plazo están relacionadas con el diseño de la planificación de la producción de la empresa. La capacidad de acción de las empresas depende de la información obtenida en los vehículos. La ejecución de un servicio se puede ver afectado por una serie de sucesos que dificulten su realización. Estos sucesos ocurren de manera inesperada y se pueden generar en el interior de la empresa como venir de la iteración con el entorno donde realice su labor. Independientemente del origen de los sucesos, el conocimiento de ellos en el momento que ocurren y con una previsión adecuada se puede minimizar el desvío entre lo que se oferta al usuario y lo que se le proporciona.

Hay una serie de situaciones que inciden negativamente en la calidad del servicio prestado al viajero:

- Vehículos que no paran por falta de plazas disponibles.
- Vehículos que no pasan en su horario de paso.
- Exceso de tráfico.
- Accidentes.
- Obras.

Ante estas posibles situaciones es necesario reaccionar rápidamente para minimizar el daño. Para que esta reacción se pueda llevar a cabo es necesaria la comunicación inmediata con el centro de control y la ubicación estratégica de los vehículos que puedan intensificar los servicios afectados por el incidente.

## Hoja de Servicio

Id: 230155      Guagua: 1310      Turno: Tarde      Tipología : Lunes a Viernes      Fecha: 18-07-2006  
 Grupo: Arucas      Sector: Arucas      Descanso: Sábado y Domingos  
 Tipo: Conductor perceptor      Jornada: 07:50:00      Total: 08:55      Estructurales: 01:50  
 Horas nocturnas: 01:50      Concepto: Dieta

De	A	Opera	Nodo	Exp	Linea	Itinerario	Tiempo
14:10	14:10	I.S.	Estación Arucas (5)				00:00
14:10	14:46	S.L.	Las Palmas G.C. (S. Telmo)	45	1/210V	Arucas-Cardones -Las Palmas G.C.	00:36
14:46	14:47	T. G.	Estación S. Telmo (7)				00:01
14:47	15:10	P.O.	Estación S. Telmo (7)				00:22
15:10	15:43	S.L.	Arucas	50	2/210I	Las Palmas G.C- Cardones-Arucas	00:33
15:43	15:44	T.G.	Estación Arucas (5)				00:01
15:44	16:10	P.O.	Estación Arucas (5)				00:25
16:10	16:46	S.L.	Las Palmas G.C. (S. Telmo)	49	1/210V	Arucas-Cardones -Las Palmas G.C.	00:36
16:46	16:47	T.G.	Estación Arucas (5)				00:01
16:47	17:10	P.O.	Estación Arucas (5)				00:22
17:10	17:43	S.L.	Arucas	54	2/210I	Las Palmas G.C- Cardones-Arucas	00:33
17:43	17:44	T.G.	Estación Arucas (5)				00:01
17:44	18:10	P.O.	Estación Arucas (5)				00:25
18:10	18:46	S.L.	Las Palmas G.C. (S. Telmo)	53	1/210V	Arucas-Cardones -Las Palmas G.C.	00:36
18:46	18:47	T.G.	Estación S. Telmo (7)				00:01
18:47	19:10	P.O.	Estación S. Telmo (7)				00:22
19:10	19:43	S.L.	Arucas	58	2/210I	Las Palmas G.C- Cardones-Arucas	00:33
19:43	19:44	T.G.	Estación Arucas (5)				00:01
19:44	21:30	P.O.	Estación Arucas (5)				01:45
21:30	22:06	S.L.	Las Palmas G.C. (S. Telmo)	65	1/210V	Arucas-Cardones -Las Palmas G.C.	00:36
22:06	22:07	T.G.	Estación S. Telmo (7)				00:01
22:07	22:15	P.O.	Estación S. Telmo (7)				00:07
22:15	22:48	S.L.	Arucas	30	2/210I	Las Palmas G.C- Cardones-Arucas	00:33
22:48	23:05	C.	Arucas				00:16
23:05	23:05	F.S.	Arucas				00:00

### Leyenda

I.S.	Inicio de Servicio	S.L.	Servicio de Linea
T.G.	Traslado con guagua	P.O.	Parada Operativa
C	Complemento	F.S.	Fin de Servicio

**Figura 39: Hoja de Servicio**

Otro objetivo es automatizar el flujo de datos generados durante la producción. Un ejemplo es que los datos de recaudación se encuentren disponibles en el sistema cuando el personal de la empresa se dirija a realizar la entrega. Esto facilita la operación y cierra el ciclo de producción. Los datos obtenidos durante la producción se incorporan al SI de la empresa para ser analizado y ver si la realidad satisface las expectativas creadas en la planificación o si esta debe ser modificada. La tarea realizada a bordo del vehículo tiene asociada un hardware que debe realizar su cometido de forma correcta. Por lo tanto es importante detectar cualquier anomalía para corregirlo y que el sistema funcione de forma correcta.

Por lo tanto, para alcanzar los objetivos es necesario soportar las siguientes funcionalidades:

- Control de paso por paradas.
- Consulta de incidencias en tiempo real.
- Información al usuario en tiempo real.
- Disponibilidad de los datos de recaudación en tiempo real.
- Integración de los datos obtenidos en la producción en el SI de la empresa.
- Mantenimiento del sistema.

Para alcanzar las funcionalidades anteriores es necesario:

- Saber en cada instante el nivel de cumplimiento de los horarios de paso.
- Integrar todos los elementos que nos proporcionan información útil relacionada con los pasajeros y las condiciones mecánicas y eléctricas de los dispositivos
- Integrar las interfases hombre-máquina mejorando la seguridad de la conducción y el confort en los vehículos
- Permitir a cualquier departamento de la compañía el acceso a cualquier información generada a bordo de la forma adecuada.
- Conocer lo antes posible cualquier incidencia en el hardware que impida la realización de las capacidades enumeradas.

La solución adoptada soporta las condiciones especiales del entorno productivo, está dentro de unos parámetros aceptables económicamente y se integra con el resto del vehículo de manera que favorezca su instalación y

mantenimiento. El sistema es escalable para permitir la incorporación de nuevas funcionalidades.

La gestión de la producción del transporte de viajeros consta de dos grandes procesos: la planificación y su control. La planificación es el compromiso de la empresa con los usuarios y que se concreta en la información proporcionada al usuario y los recursos necesarios para llevarlos a cabo. Esta tarea requiere la definición de la red de líneas que cubre el ámbito de actuación de la empresa y se debe definir de una forma Global. Este proceso dará como resultado una serie de líneas que definirá de forma Global el servicio proporcionado por la empresa. La planificación de la red no es una tarea estática sino que puede modificarse debido a cualquier hecho significativo que ocurra en el ámbito de actuación de la empresa que provoque una nueva vía de movilidad de los viajeros. Una vez definido el territorio de actuación, a través de la planificación de la red, hay que definir qué se oferta de manera precisa, qué líneas y cuando. Es necesario definir las expediciones para cada línea, número de vehículos, horarios de inicio, periodo del día, qué días, temporada, etc. Los servicios ofertados por la empresa tienen un grueso que es estático durante un cierto periodo de validez, pero existe dinamismo en la oferta, para cubrir incrementos en el movimiento de viajeros en las líneas existentes motivados por eventos en el ámbito de actuación de la empresa. La apreciación de la necesidad de aumentar la oferta en algunas líneas puede venir motivada por una notificación por parte del responsable del hecho que provoca el incremento, por ejemplo algún acto de tipo social, o por un incremento de viajeros detectado por el sistema. Con esta información no sólo se define el incremento de la oferta sino que también se notifica el momento en que el flujo de viajeros vuelve a la normalidad o si el incremento de la oferta no es puntual sino que debe permanecer. Definidas las líneas y los horarios de cada expedición asociada a cada línea es necesaria la definición de los horarios de paso de los vehículos de cada expedición por las paradas. La definición de los horarios de paso determina el momento del paso de los vehículos por unos puntos de control de la red. La definición de estos puntos de control se realiza basándose en un horario con una tolerancia de desviación o mediante frecuencia de paso uniforme. El cálculo de estos valores se ve afectada por la

franja horaria donde se calcule y la temporada en la que nos encontremos. Este proceso utiliza la información proporcionada por el SI de transporte obtenida de los datos recogidos de la realización del servicio y el grado de cumplimiento de la información planificada. El uso de esta información permite mejorar la fiabilidad del servicio ofertado facilitando la toma de decisiones. El cálculo del cobro de los servicios prestados a cada viajero se realiza en función del trayecto realizado por lo que es necesario poseer toda esta información en cada vehículo, así como un cierre de servicio que permita facilitar la tarea de recaudación de los conductores.

Si a estas necesidades le añadimos que se posee una flota numerosa y dispersa, es evidente la necesidad de herramientas automáticas que permitan la actualización de los datos que se encuentran en los vehículos, la recuperación de la información de los resultados de la explotación en forma de que operaciones se han realizados y cuando, comunicación de riesgos de incumplimiento de los servicios ofertados a los usuarios, recuperación de la información de recaudación.

#### **4.2.3 Descripción del sistema**

El sistema desarrollado siguiendo el modelo descrito en el capítulo anterior tiene una arquitectura que proporciona un SI integral que abarca todos los aspectos de una empresa de transporte público de viajeros por carretera. La aplicación de los principios del modelo ha permitido una utilización adecuada de las tecnologías de la información (tecnología estándar y viabilidad económica) consiguiéndose soluciones económicas, fiables y escalables. De esta manera se posee la información necesaria para reaccionar ante cualquier incidencia, puntual o duradera, manteniendo el servicio y el nivel de confianza del usuario. Esto va a producir beneficios tanto a corto como a largo plazo. Esta información debe llegar a los distintos estamentos de la empresa en el tiempo, forma y cantidad adecuada. Debido al carácter abierto del sistema ha sido posible ir incorporando los avances tecnológicos y nuevas funcionalidades de manera no traumática. Otra ventaja alcanzada con el sistema es que ha permitido la competitividad entre los proveedores, lo que va a repercutir en la vertiente económica.

El SI es una herramienta que es capaz de proporcionar los datos necesarios para realizar la actividad de la empresa y obtener los resultados de ella. La información se genera a partir de la agrupación de datos estáticos obtenidos de la planificación de la actividad de la empresa y los datos de la realidad que está ocurriendo. Esta información es utilizada por diversos usuarios a los que se les proporciona en cantidad y formato adecuado. El sistema debe realizar las funciones tradicionales de una empresa de transporte simplificando las tareas. Para llevar a cabo dichas tareas tiene disponible la información necesaria en el punto que se requiera. El sistema se realimenta de los datos obtenidos de la tarea realizada a partir de la información proporcionada. Estos datos son procesados y convertidos en información que se utiliza para supervisar y mejorar la actividad de la empresa. Las distintas tareas se comunican con el SI mediante una interfase bidireccional.

Los datos de la producción se capturan, se gestionan y se transportan hasta los puntos de gestión del sistema. Los datos son procesados y sus resultados se transportan hasta los puntos en los que se deba actuar si fuera necesario.

### **4.3 Modelo Ubicuo.**

La estructura de producción de la empresa esta formada por una sede de servicios centrales y un conjunto de localizaciones dispersas que llamaremos puntos de confluencia. Estos puntos de confluencia suelen ser talleres, oficinas de la empresa, estaciones de autobuses, puntos de información al usuario o puntos de recaudación. Los puntos de confluencia están conectados a la red corporativa de la empresa y proporcionan cobertura de red local inalámbrica a los dispositivos del sistema de producción de la empresa. Así los sistemas móviles tienen dos contextos de comunicación, cuando están en cobertura de la red local inalámbrica y cuando no.

La Figura 40 muestra los elementos que intervienen en la actividad del SI.



Figura 40: Visión global del sistema

#### 4.3.1 Dispositivos

Los dispositivos los podemos agrupar en los dispositivos embarcados, que son estáticos pero que son móviles respecto al sistema Global; los dispositivos móviles que interactúan de forma espontánea y los dispositivos estáticos que se encuentran en los servicios centrales de la empresa y en los puntos de confluencia.

El sistema embarcado posee una arquitectura hardware que sigue la descrita en capítulos anteriores. Esta compuesto de un ordenador embebido con arquitectura basada en PC industrial cuyas características mínimas son un procesador Intel 486, memoria principal de 32Mb y 512Mb de almacenamiento secundario de acceso directo. Actúa como elemento integrador del resto de los dispositivos embarcados con los que se comunican a través de interfases seriales o través de las interfase de red. Se comunica con la red ubicua por una interfase de red 802.11 y a través de un adaptador a una red de radio trunking. Posee de un dispositivo de posicionamiento GPS que proporciona información al sistema embarcado de posición, temporal y de velocidad. Al ordenador embarcado se conectan los distintos medios de pagos disponibles, como expendedora de billetes, canceladoras de tarjetas, etc.

El sistema embarcado realiza las siguientes funciones:

- Registro de las operaciones del vehículo.
- Sistema de pago utilizando distintos medios de pago.

- Posicionamiento autónomo.
- Control inteligente de la temperatura y potencia eléctrica.
- Control del cumplimiento del cuadro de servicio planificado.
- Detección y comunicación de los eventos en tiempo real.
- Integración de los vehículos en la red corporativa de la empresa.

Estas funciones se pueden agrupar en dos tareas que funcionan de manera autónoma, el subsistema de facturación a bordo del vehículo y el subsistema de control del sistema. El subsistema de facturación es fundamental para el funcionamiento del servicio que proporciona la empresa. En él intervienen la unidad de consola del conductor, los dispositivos de medios de pago y el sistema de comunicaciones locales que comunica ambos dispositivos. Este conjunto debe garantizar la autenticación del operador, la emisión de billetes y el cobro a través de los distintos medios de pago. Este subsistema tiene una autonomía proporcional a la capacidad de almacenamiento de la consola del conductor ya que en ella debe almacenar la información de las tareas realizadas que se utilizan posteriormente en la generación de información para el SI de la empresa. El subsistema de control del sistema tiene su elemento principal en el ordenador de embarcado que a través del sistema de comunicación local esta en contacto con la consola del conductor. De esta manera esta informado de lo que ocurre en el sistema, liberando a la consola de la tarea de almacenamiento. Con esta información, la información de planificación que reside en su sistema de archivos y la información proporcionada por el receptor GPS lleva a cabo un control del cumplimiento de lo planificado. Este subsistema se completa con las interfaces al sistema de comunicaciones remotas a través del que comunicará a la consola de control de flota cualquier incumplimiento de lo planificado, atenderá interrogaciones de los operadores del sistema y descarga toda la información recogida durante la operación en el vehículo para ser procesada para llevar a cabo la recaudación, generar la información de estadística, comunicar desviaciones sobre las tareas planificadas, etc.

Los sistemas móviles no embarcados son aquellos que se conectan a la red ubicua e interactúan con el sistema. Están asociados a la obtención de información por parte de del personal de la empresa. Hay dos tipos de tareas,



la tarea de los inspectores que garantiza la normalidad de la ejecución del trabajo a bordo y la del personal de mantenimiento que se encarga de monitorizar, administrar y resolver incidencia del sistema. Los dispositivos utilizados son PDAs y ordenadores portátiles.

Los dispositivos no móviles son dispositivos que están conectados a la red ubicua y su localización física es fija. Están ubicados en servicios centrales, en los puntos de confluencia o en los puntos de información al viajero. Entre los dispositivos no móviles destacar:

- los cajeros de autoliquidación (Figura 41) que se encuentran en los puntos de confluencia (Figura 38) ;
- los terminales de control de la explotación que visualiza la posición de los vehículos de la empresa y proporciona datos referentes a los servicios que se prestan en los vehículos como el estado de la explotación, control geográfico de la flota de vehículos y control automático y en tiempo real de eventos de la explotación;



**Figura 41: Cajero de autoliquidación.** Dispositivos que se encuentran en los puntos de confluencia para que los conductores depositen el dinero obtenido durante la prestación de su servicio. La ventaja de estos dispositivos es que el dinero se encuentra en manos de los empleados el menor tiempo posible evitando riesgos de pérdidas o robos.

- los terminales del SI donde se consulta las estadísticas de los servicios realizados. El sistema recibe los datos en tiempo real de los vehículos y

los procesa proporcionando la información necesaria para generación de estadísticas, generación de la información de recaudación y generación de información para recursos humanos;

- o los terminales de recaudación donde se supervisa el ingreso de los servicios realizados;
- o los terminales de mantenimiento que supervisa el funcionamiento de los dispositivos que forman parte del sistema de producción y comunicaciones, y desde donde se planifican y se ordenan las operaciones de actualización de software y datos de explotación, se encarga de recoger todas las incidencias que ocurren en cualquiera de los sistemas embarcados así como en los sistemas no móviles, registra cualquier incidencias que impida el funcionamiento del sistema, tanto hardware como software y administra las versiones y la distribución de los programas y los datos;

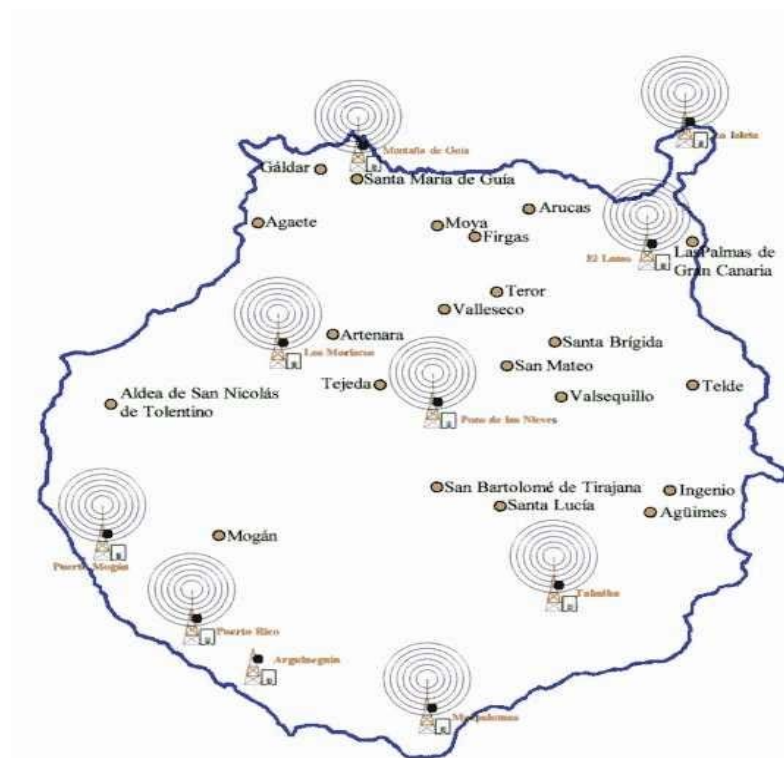


**Figura 42: Sistema de información estático.** Puntos de información donde, por defecto, el usuario consulta en uno de las pantallas los servicios que pasan por esa parada en el tiempo más próximo. En la otra pantalla es una pantalla táctil donde se puede efectuar una consulta sobre un itinerario definido por el usuario.

- o los puntos de información al usuario (Figura 42) que recibe a través de la red corporativa de la empresa las desviaciones sobre los servicios planificados producto de la información recibida de los vehículos en el centro de control de flota y de las decisiones tomadas para resolver estas incidencias. A partir de esta información distribuye a los puntos de información de los usuarios por medio del sistema de comunicaciones remotas del sistema y la red corporativa de dichas modificaciones.

### 4.3.2 Red Ubicua

La red ubicua es el medio de comunicación entre los dispositivos del sistema. La red ubicua en el sistema implantado en Global utiliza servicios de comunicaciones a larga distancia, a media distancia y a corta distancia sin cables y servicios de conexión a larga distancia por cable.



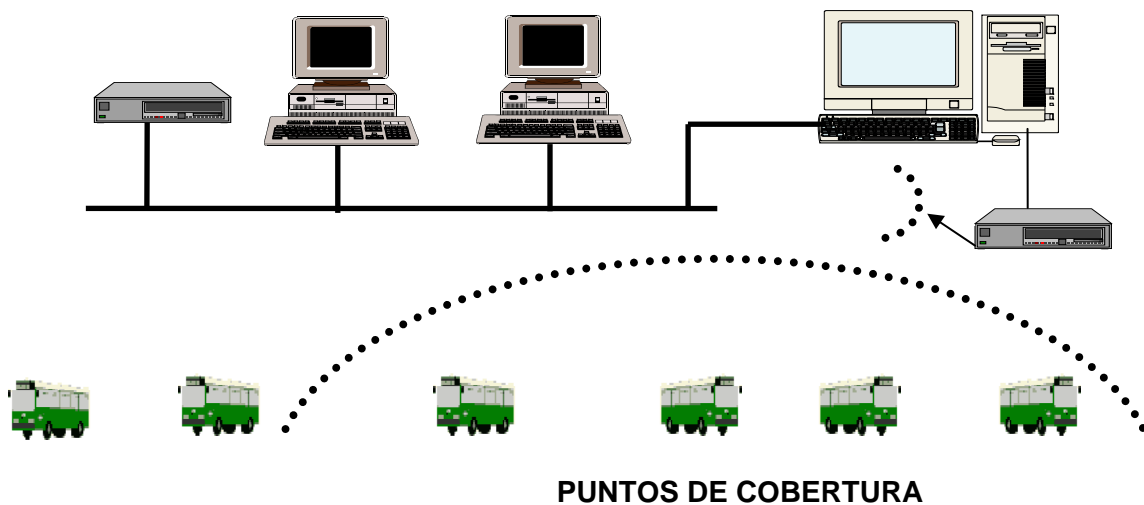
**Figura 43: Puntos de conexión a la red trunking.** Situación geográfica de los repetidores de radio trunking proporcionados por el operador y que cubren prácticamente la totalidad de la isla.

El servicio de comunicaciones de larga distancia inalámbrico fue contratado a un operador local. Este operador proporciona servicio de voz y datos sobre una

infraestructura de radio trunking. Tiene cobertura en la totalidad de los puntos de actuación de la empresa, a través de emplazamientos de estaciones base de zonas en lugares estratégicos en la isla de Gran Canaria (Figura 43). Proporciona un servicio a 9600 bps una vez que se ha obtenido el canal de comunicaciones.

El servicio de comunicación a media distancia utiliza tecnología de red inalámbrica creando una red de área local en cada punto de confluencia. La red local inalámbrica es una red IEEE 802.11 (Figura 38). El servicio de comunicaciones a corta distancia utiliza tecnología de radio a corta distancia como los medios de pago sin contacto.

El servicio de comunicaciones a larga distancia con cable fue contratado a un operador y proporciona conexión entre los distintos puntos de confluencia con servicios centrales y por extensión une la red local inalámbrica 802.11 con servicios centrales. De esta manera se extiende la red corporativa de la empresa hasta los dispositivos móviles.



**Figura 44: Acceso a la red corporativa.**

Con estas infraestructuras se cumplen los objetivos marcados en el diseño sobre el uso racional de las comunicaciones, pudiendo definir dos tipos de tráfico, uno de comunicación prioritaria, que utiliza una comunicación directa entre aplicaciones utilizando el canal más conveniente de los que estén disponibles y una comunicación no prioritaria que utiliza comunicación a través de buzones estáticos localizados en una estación no móvil en la red y agentes

móviles con un buzón que cuando entra en cobertura de red extrae y deposita los mensajes.

### **4.3.3 Middleware**

El middleware que se usa en Global integra los sistemas de información móviles en el SI de la compañía, permitiendo esta integración automatizar el flujo de datos de la explotación. La corporación posee una flota de unos 300 autobuses y mueve al año más de 30 millones de viajeros, realizando más de 3000 expediciones diarias. Esta actividad genera un volumen de transacciones de producción que superan la cantidad de 3 millones mensuales.

Este flujo de datos de la explotación abarca:

- Todos los datos referidos a los movimientos de producción realizados en los vehículos. Movimientos que reflejan toda la actividad recaudatoria realizada, así como el detalle de todas las operaciones realizadas por los conductores. Gracias a la automatización de estos datos, la empresa conoce en tiempo real el estado de la explotación (viajeros, recaudación, incidencias a bordo, etc.).
- Toda la información referente a la planificación de las operaciones que los vehículos deben realizar. Información de planificación que contempla, entre otros aspectos, la especificación de las operaciones que se deben realizar y en qué momento, así como información geográfica que permite llevar a cabo el control horario del paso por parada. Gracias a la automatización de estos datos, le empresa conoce en tiempo real cualquier incidencia que se produzca y que afecte al cumplimiento de lo planificado, actuando si lo estima oportuno con el propósito de minimizar su impacto en la calidad del servicio, por ejemplo adelantos o atraso del paso por paradas, o en la seguridad del mismos, por ejemplo exceso de velocidad.
- Información técnica referente al funcionamiento de los distintos dispositivos que forman parte de los sistemas embarcados. Gracias a esta información los técnicos de mantenimiento pueden conocer el estado de los distintos dispositivos en tiempo real, de forma que cuando se produce alguna alarma, esa se comunica en tiempo real.

- Todos los archivos que contienen datos y programas del sistema de computación embarcado. Mediante la automatización de estos archivos, la corporación puede llevar a cabo la administración de los sistemas embarcados de una manera remota y desasistida.

El propósito del middleware es integrar los sistemas móviles embarcados con el resto de la red corporativa permitiendo la comunicación entre las aplicaciones de forma espontánea y transparente. El middleware se encarga de forma autónoma de detectar si el móvil se encuentra en cobertura de la red inalámbrica de corta distancia (802.11) eligiendo por donde realizar las comunicaciones entre las distintas interfases. El objetivo es integrar los medios de comunicación inalámbrica disponibles de forma que se haga un uso eficiente técnico y económico de las infraestructuras de comunicación (Figura 45). Para alcanzar este objetivo los sistemas móviles embarcados harán uso de información técnica específica de las comunicaciones, reglas de índole políticas impuesta por la dirección de la empresa e información de la posición geográfica suministrada por GPS. (García, 2004).



Figura 45: Infraestructura de comunicaciones

Si la comunicación parte de los dispositivos se decide de la siguiente forma:

Si estoy en cobertura de WLAN, enviar

Si no estoy en cobertura WLAN

Si es urgente enviar por inalámbrico de largo alcance

Si no es urgente espero a estar en cobertura

Si la comunicación es hacia los dispositivos:

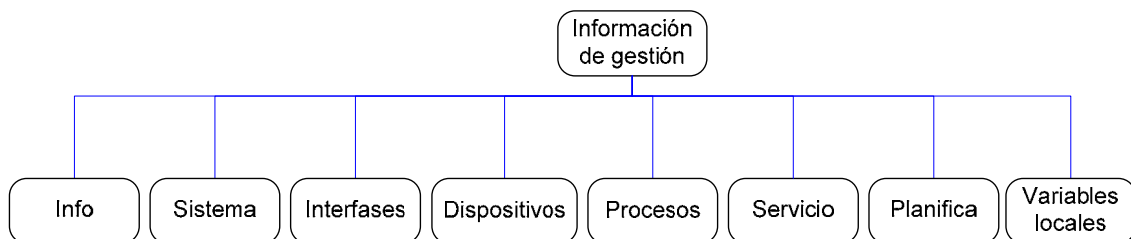
Si estoy en cobertura de WLAN o no es urgente

Depositar en el buzón del dispositivo

Si no enviar por inalámbrico de largo alcance

Como se determina de forma espontánea si un suceso debe comunicarse inmediatamente o no, es más que sucesos deben ser verificados. Esto se realiza a través de la información de gestión que utiliza el middleware.

Como se mostró en el capítulo anterior la información de gestión es la información disponible en cada recurso administrado. Esta información organizada en forma de árbol. Consta de ocho grupos y se utiliza para definir avisos espontáneos, cuando ocurra algún suceso, o para responder a cualquier interrogación realizada a través del protocolo.



**Figura 46: Estructura jerárquica de la información de gestión**

Esta información se almacena en una base de datos de información de gestión para el transporte. Cada grupo contiene un conjunto de objetos que se van actualizando durante la actividad del dispositivo. Asociados a estos objetos se pueden definir sucesos que deban ser comunicados cuando proceda, inmediatamente o cuando se defina.

A continuación describiremos los distintos objetos de cada grupo en la base de datos de información de gestión:

- Grupo info. Proporciona información sobre la propia información de gestión. Esta formado por los objetos versión que especifica la versión

de la estructura de la información de control y el objeto fecha que indica cuando se creó la versión de información de control.

- Grupo sistema. Proporciona información general del sistema administrado. Tiene los siguientes objetos:
  - Descripción. Información textual que describe el objeto administrado
  - Identificación. Identificador numérico que identifica de forma única al objeto administrado
  - Tiempo de inicio. Último inicio de este sistema
  - Ubicación. Lugar donde se encuentra
  - Tipo. Tipo de lugar (vehículo, punto de confluencia, servicios centrales, ...)
  - Número. Identificador del lugar (vehículo 978,...)
  - Estado. Estado actual del sistema (en explotación, en mantenimiento, en retén, ...)
  - Tiempo actual. Información horaria actual.
  - Posición actual. Posición actual
- Grupo interfases. Proporciona información sobre las interfases de comunicaciones. Consta de los siguientes objetos:
  - NInterfases. Número de interfase que tiene el sistema
  - TInterfases Tabla con una fila por cada interfase con los siguientes objetos:
    - Índice
    - Descripción
    - Tipo
    - Estado
    - Dirección física
    - Dirección lógica
    - Dirección lógica remota
    - Cobertura
    - NPaqEnviados
    - NPaqRecibidos
    - NPaqEnvErroneo



- Grupo Dispositivos. Proporciona información de los dispositivos del sistema. Consta de los siguientes objetos:
  - NDispositivos. Número de dispositivos que tiene el sistema
  - TDispositivos. Tabla con una fila por cada dispositivo con los siguientes objetos:
    - Índice
    - Descripción
    - Tipo
    - Estado
    - Tiempo de arranque
    - Tiempo solicitud ultima operación
    - Tiempo ultima operación realizada
- Grupo Procesos. Proporciona información de procesos del sistema
  - NProcesos. Número de dispositivos que tiene el sistema.
  - TProcesos. Tabla con una fila por cada dispositivo con los siguientes objetos:
    - Índice
    - Descripción
    - Versión
    - Estado
    - Tiempo de arranque
    - Tiempo de último contacto
- Grupo Servicio. Información del servicio que se está realizando. Consta de los siguientes objetos:
  - Número
  - Tiempo Inicio
  - Conductor
  - Parada Inicial
  - Expedición Actual. Identificación de la expedición actual
  - NExpediciones. Número de expediciones realizadas.
  - TExpediciones. Tabla con una fila por cada expedición del servicio con los siguientes objetos:
    - Índice

- IdExpedición
  - Estado
  - Tiempo Comienzo
  - Tiempo Finalización
  - Línea
  - Sentido
  - Parada Actual
  - NParadasLin. Número de paradas de la línea que realiza esta expedición.
  - TParadasLin. Tabla con una fila por cada parada de la línea con los siguientes objetos:
    - Indice
    - NPasajeros
    - NTipoPasajero
    - TPasajeroDestino
    - Indice
    - Npasajeros
- Grupo Planifica. Información del servicio planificado. Consta de los siguientes objetos:
- Vehiculo
  - Chofer
  - Tiempo Comienzo
  - Tiempo Finalización
  - Tipología
  - Servicio
  - Noperaciones
  - Operaciones
    - Indice
    - Tiempo Comienzo
    - Tiempo Finalización
    - Tipo
    - Nodo
    - Línea

- Expedición
  - Tiempo Operación
  - Tolerancia
  - Estado
  - Punto\_Control
- Grupo Local. Variables locales de uso general. Por ejemplo para notificar un evento cuando ocurra un número de veces. Consta de los siguientes objetos:
    - NLocal. Número de variables locales
    - TLocal. Tabla con una fila por cada variable local con los siguientes objetos:
      - Indice
      - Local

#### **4.3.4 Aplicaciones ubicuas**

Se han desarrollado un conjunto de aplicaciones que haciendo uso de las infraestructuras descritas suministre servicios a todos los agentes que intervienen en la empresa de transporte (clientes, conductores, directivos, usuarios, etc.). Veamos algunos ejemplos de esta interacción:

- Cuando finaliza un servicio, los datos relativos a la actividad durante el servicio deben enviarse hacia el sistema de explotación que se encuentra en servicios centrales. Estos datos se empaquetan y entregan al middleware para que se transmita cuando el móvil entre en cobertura de red local inalámbrica (en los puntos de confluencia). Si pasado cierto tiempo no pueden ser entregados por esta vía es entregado por el canal de radio. Entre los datos entregados esta la recaudación realizada en el servicio, que cuadra con la información proporcionada por los cajeros de autoliquidación que se encuentran en los puntos de confluencia.
- Cuando se produce un evento relevante en el sistema embarcado consistente en un incumplimiento de la planificación, entonces el sistema lo comunicará en tiempo real, esta comunicación se realizará a través de la red local inalámbrica si el sistema está en cobertura y si no lo está, entonces se enviará mediante el sistema de radio.

- Cuando se produce una alarma técnica, entonces el sistema dependiendo del tipo de alarma de que se trate, la enviará de forma inmediata a través de la infraestructura disponible o bien la pospondrá a que el sistema embarcado se registre en algunas de las redes locales inalámbricas disponibles.
- Cuando se ha de actualizar alguno de los archivos de los sistemas embarcados, entonces el sistema empleará el sistema de mensajería. Cuando una estación móvil se registra, pregunta si tiene mensajes pendientes y si lo tiene los recupera de su buzón.

Aplicando el modelo expuesto en la capítulo anterior y más concretamente siguiendo la arquitectura presentada en la Figura 18, las funciones del sistema se agrupan en los siguientes subsistemas:

- Subsistema de facturación. Es el responsable de calcular el importe que debe abonar los pasajeros en función de la tarifa a aplicar y el medio de pago utilizado (pago directo, tarjeta magnética, etc). El cálculo del importe. El cálculo del importe requiere la disponibilidad de los datos necesario en los sistemas embarcados. Este subsistema se encuentra en el sistema móvil así como en el sistema no móvil para el mantenimiento de la base de datos de tarifas y formas de pago. Esta información es distribuida a través de la consola de mantenimiento.
- Subsistema de control de planificación. Es el responsable de verificar el cumplimiento de la planificación, actuando si existen desviaciones. Este subsistema se encuentra en la consola de control de la flota y en sistema móvil.
- Subsistema de información de la producción. Es el responsable de procesar los datos producidos por el sistema móvil embarcado (tiempo de paso de los vehículos, número de pasajeros, etc.). Los datos se procesan en tiempo real y los resultados también están disponibles en los departamentos en tiempo real. Este subsistema se ejecuta en distintas computadoras de la empresa.
- Subsistema de ayuda al mantenimiento. Es el responsable de que los elementos que forman el sistema (dispositivos y procesos) funcionan adecuadamente, con atención especial a los sistemas móviles. Este

subsistema tiene una herramienta especial para planificar y controlar la actualización de las versiones de los datos y los procesos de forma automática. Esta soportado en el sistema no móvil en la consola de mantenimiento y en los sistemas móviles.

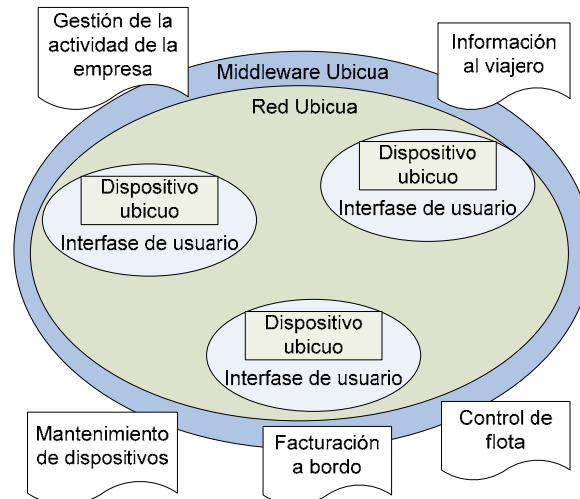
- Subsistema de información al usuario. Es la interfase del usuario con la organización para informarse de los servicios prestado. Se apoya en el subsistema de control de planificación para proporcionar a los usuarios una información fiable y lo más próximo a la realidad. Contiene un motor de búsquedas que es invocado con los parámetros que necesite el usuario. Al motor de búsqueda le llegan las interrogaciones desde la red ubicua que se encarga de encaminarla desde y hacia el sistema de visualización de información de usuario. Este puede ser un navegador web, un sistema de información estático (Figura 42) o un terminal móvil.

Estos elementos configuran la arquitectura lógica que tiene dos propiedades principales: actúa por excepción y es un sistema distribuido en el sentido de que las funciones importantes pueden soportarse en sistemas diferentes. Esta arquitectura permite que otros componentes lógicos tradicionales de la compañía se puedan mejorar utilizando la información producida por este sistema. Para utilizar estas funciones es necesario introducir automatismos que gestionen la actividad de los distintos puntos productivos de la empresa. Para ello en la capa de aplicación hemos desarrollado una serie de herramientas que facilitan dicha gestión (Figura 47). Estas herramientas son las siguientes:

- Gestión automatizada de la actividad de la empresa. Esta herramienta realiza las funciones relacionadas con la gestión cotidiana de la empresa. Se encarga de la gestión y mantenimiento de los datos de explotación proporcionando una interfase para la introducción y modificación de los datos básicos de explotación, gestión de versiones, etc. Una vez generados son entregados al subsistema de transferencia de datos para que sean enviados a los equipos embarcados. También gestiona la actividad de recaudación, validando las entregas realizadas por los conductores, en persona o con los cajeros de autoliquidación, con los datos obtenidos de los sistemas móviles. En ella se pueden

definir umbrales de incumplimiento que hace que el sistema avise de forma espontánea del incumplimiento. Realiza la gestión de incidencias, consultando directamente los movimientos realizados durante un servicio a fin de poder comprobar la veracidad de las posibles alegaciones presentadas por los miembros del personal de abordó y la actividad estadística. Mediante consultas a los datos almacenados se obtiene información relativa a la facturación de forma detallada, por ejemplo billete a billete, o resumida y agrupadas según las necesidades, origen-destino, en una franja horaria, etc. Estas consultas son útiles para solicitudes de las instituciones públicas, realizar estudios de mercados, posibilidad de introducir nuevas líneas ó nuevos recursos, como más vehículos o mayor frecuencia de paso a ciertas horas. La herramienta define distintos perfiles de forma que cada perfil podrá acceder a la información a que es sensible. [Garcia,2004,3]

- Información al viajero en los puntos de información. Aplicación que resuelve las solicitudes de los puntos de información al viajero, bien estáticos como dinámicos. Para ello se desarrolla un algoritmo para la resolución de estas consultas [Garcia,C,2004,4].
- Mantenimiento de dispositivos. Gestiona el mantenimiento de los dispositivos desarrollamos una Con esta aplicación se mantiene un control sobre los dispositivos del sistema y es donde se recoge cualquier incidencia tanto en el hardware como en el software del sistema.
- Facturación a bordo. Interfase hombre máquina que se encarga de calcular y emitir recibos del cobro del servicio prestado al viajero en los distintos medios de pago disponibles. Así mismo realiza cierres de caja y estadísticas que faciliten la relación entre los conductores y la empresa.
- Control de flota. Una aplicación de control de flota que alimenta a la consola de control de flota, proporcionando información de donde se encuentran los dispositivos móviles, que tarea están realizando, nivel de ocupación, etc. Ofrece diversas representaciones de los móviles, así como ciertas consultas de interés para la gestión de la producción.



**Figura 47: Marco de computación ubicua.** Saha (Saha, 2003) nos ilustra un marco de computación ubicua donde los usuarios interactúan con el sistema a través de los dispositivos con su propio espacio de datos y de funciones.

#### 4.4 Resultados

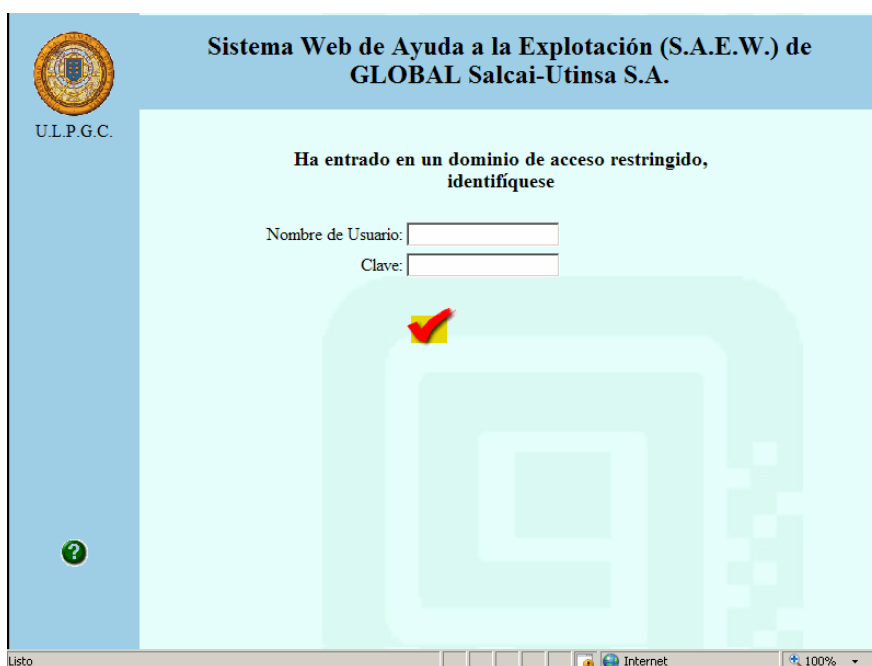
En esta sección vamos a mostrar el comportamiento del sistema en las distintas tareas que relacionan la actividad en los sistemas embarcados con los sistemas no móviles de la empresa.

Nos centraremos en las tareas relacionadas con el sistema de producción, el sistema de recaudación, el sistema de control de la explotación y el sistema de mantenimiento. Como dijimos en los capítulos anteriores es un sistema orientado a la excepción, es decir posee un conocimiento de la planificación y comunica de forma autónoma las desviaciones sobre esa planificación.

Es en los sistemas embarcados donde se realiza los servicios ofertados a los usuarios. Para que estos servicios se puedan realizar es necesario que el sistema embarcado en los vehículos posean “el conocimiento” necesario para poder realizarlo. Este conocimiento se genera en los equipos de gestión de la empresa y debe ser distribuido a la flota de vehículos. De la ejecución de estas operaciones se genera una serie de datos necesarios para obtener la información que nos muestra la bondad del servicio prestado en términos de cumplimiento del servicio prestado y en términos de rentabilidad económica. Como indicamos en el punto anterior, para llevar a cabo todas estas tareas

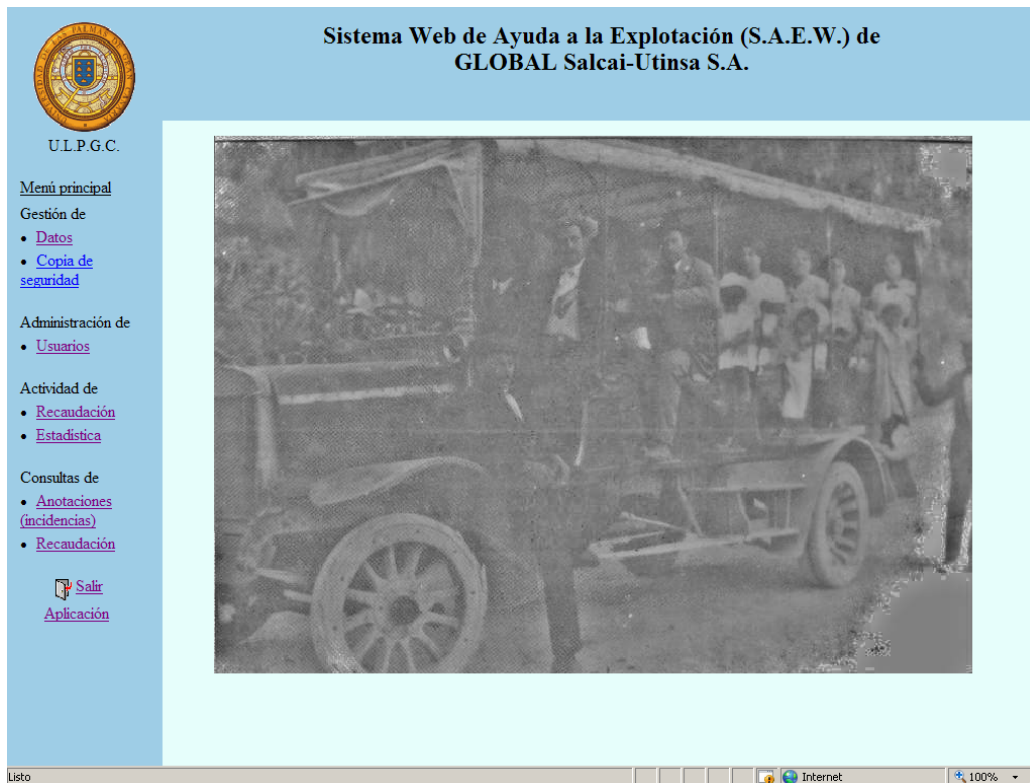
desarrollamos una aplicación que utilizando los servicios suministrados por el sistema ubicuo realiza estas tareas.

En la aplicación se define el conjunto de usuarios que puede acceder a que datos y a que funciones (Figura 47). La aplicación autentica al operador que dependiendo de que operador sea puede realizar tareas de administración de la herramienta, modificación de los datos de explotación, gestión de la recaudación, visualización de los resultados de la producción, etc. El cliente de esta aplicación es un navegador web, de forma que la aplicación puede utilizarse después cualquier punto que tenga acceso al sistema e producción. La Figura 48 muestra el punto de acceso a la aplicación donde el operador debe autenticarse, lo que le asignará un perfil que define las operaciones que puede realizar.



**Figura 48: Acceso a la aplicación**





**Figura 49: Menú principal**

La Figura 49 muestra el menú principal de la aplicación que nos da acceso a la administración de la propia aplicación, con la definición de usuarios y las tareas que puede realizar y tres grandes bloques: la gestión de los datos de entrada al sistema de producción, el acceso a la información obtenida de los datos de la realización de la producción y el acceso a las operaciones realizadas por los usuarios del sistema ubicuo de producción, conductores y recaudadores.

#### **4.4.1 Sistema de producción.**

La Figura 50 muestra el menú de acceso a la gestión de los datos de entrada de producción. A través de esta opción se realiza la creación, modificación y actualización de los datos de entrada al sistema de producción. Estos datos son las paradas en donde paran los vehículos, los trayectos que realizan (líneas) y los datos necesarios para el cálculo del cobro que se le hace al usuario por la utilización del servicio. Para llevar al cabo el cálculo intervienen la tarifa; el tipo de usuario, normal, escolar, jubilado, etc.; el calendario; el medio de pago etc.

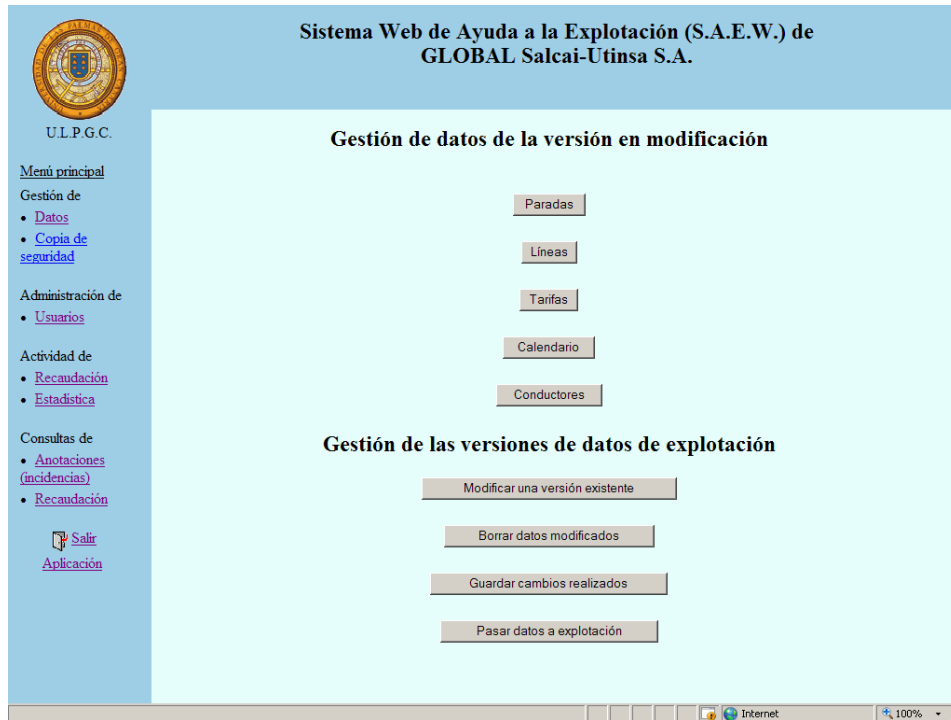


Figura 50: Datos de entrada al sistema de producción

Cada opción tiene su propia interfase de usuario para gestionar los datos necesarios para la producción. Las Figura 51 y Figura 52 muestran la definición de una línea en cuanto a paradas que la componen y las distancias entre paradas necesarias para la facturación del servicio.

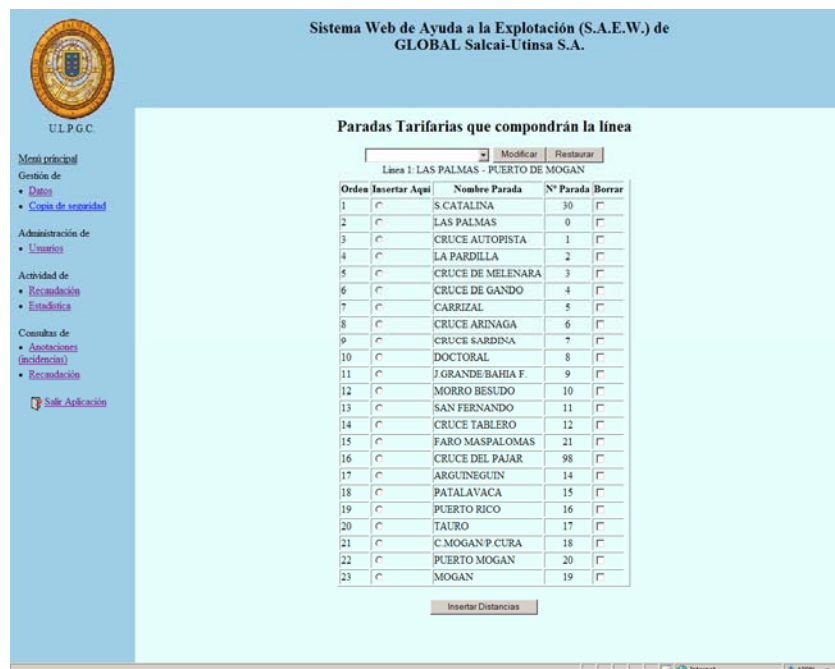


Figura 51: Definición de paradas de la línea 1

**Sistema Web de Ayuda a la Explotación (S.A.E.W.) de GLOBAL Salcai-Útinsa S.A.**

**Distancia (en kilómetros) entre las paradas tarifarias que componen la línea**  
¡Atención! Los valores introducidos no pueden contener decimales

Línea 1: LAS PALMAS - PUERTO DE MOGAN

30 S.CATALINA	
6	0 LAS PALMAS
14	1 CRUCE AUTOPISTA
17	2 LA PARDILLA
21	3 CRUCE DE MELENARA
26	4 CRUCE DE GANDO
31	5 CARRIZAL
35	6 CRUCE ARINAGA
37	7 CRUCE SARDINA
41	8 DOCTORAL
45	9 J.GRANDE/BAHIA F.
51	10 MORRO BESUDO
57	11 SAN FERNANDO
59	12 CRUCE TABLERO
62	21 FARO MASPALOMAS
68	98 CRUCE DEL PAJAR
68	14 ARGUINEGUIN
68	15 PATALAVACA
75	16 PUERTO RICO
75	17 LAURO
77	18 C.MOGAN/P.CURA
86	20 PUERTO MOGAN
91	19 MOGAN

Figura 52: Distancia entre paradas. Línea 1.

**Sistema Web de Ayuda a la Explotación (S.A.E.W.) de GLOBAL Salcai-Útinsa S.A.**

**Dar de alta a un nuevo conductor**

Nº de Conductor

Clave del conductor

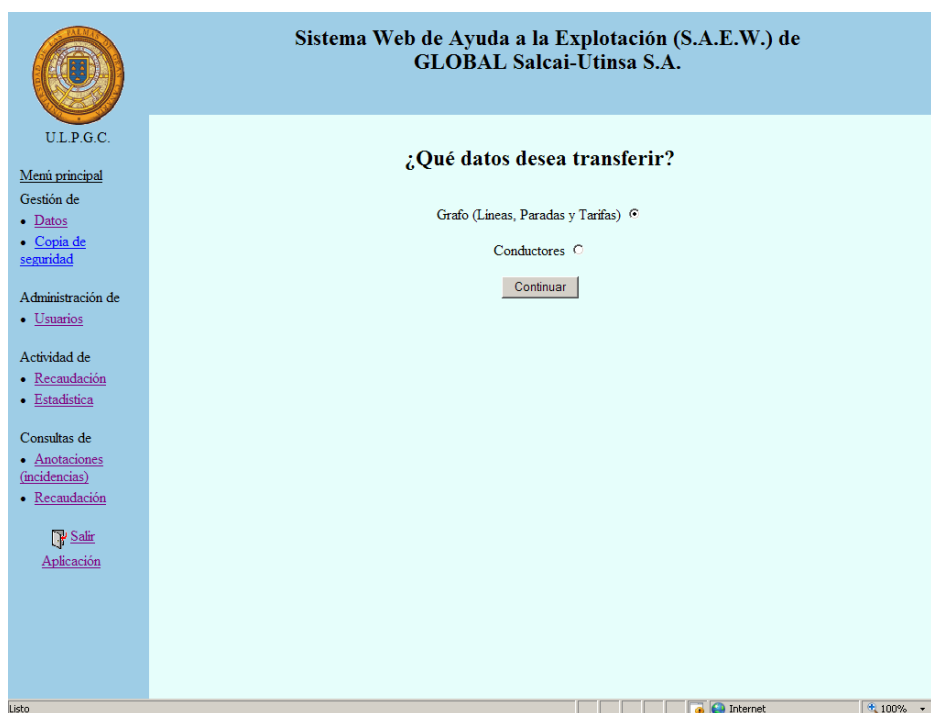
Repita la clave

Nombre

Apellidos

←

Figura 53: Gestión de la base de datos de conductores



**Figura 54: Envío a producción**

La Figura 53 muestra la opción de creación de la base de datos de conductores necesaria para la autenticación de los operadores en el sistema de producción embarcado. Así mismo identifica quien ha realizados las operaciones en cada servicio ante cualquier gestión que haya que realizar después del servicio, como el cierre de caja del servicio realizado o la resolución de cualquier incidencia ocurrida en el servicio. Una vez introducidos los datos deben llegar al sistema de producción. La Figura 54 muestra la interfase de usuario en la que se le indica al sistema que envíe los datos hacia los sistemas móviles. Cuando esto ocurre la aplicación sitúa en el buzón de cada sistema móvil la nueva versión de datos que será recuperada cuando cada uno vaya entrando en cobertura.

El sistema de producción de la empresa Global realiza alrededor de 35 millones de transacciones anuales. En la Figura 55 y la Figura 56 se puede ver como en Agosto que es temporada baja se supera las 100.000 transacciones diarias mientras que en Octubre, que es temporada alta en ciertos días se supera las 300.000 transacciones.

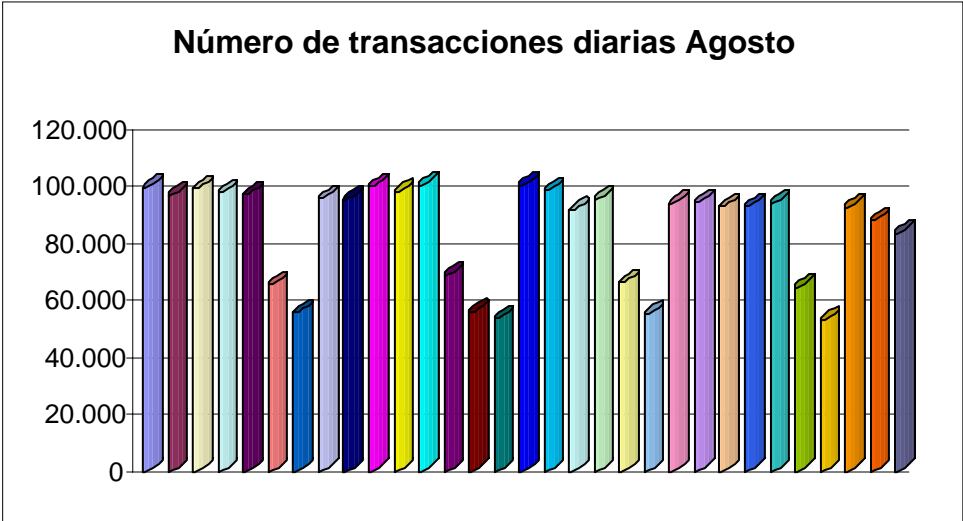


Figura 55: Mes de Agosto. Transacciones diarias

Se entiende por transacción cualquier operación que se realice en cualquier en el sistema embarcado en los vehículos. Estas transacciones se almacenan en los equipos embarcados y son transferidos a los servicios centrales cuando finalice el servicio realizado y el vehículo entre en zona de cobertura de red de área local inalámbrica (WIFI).

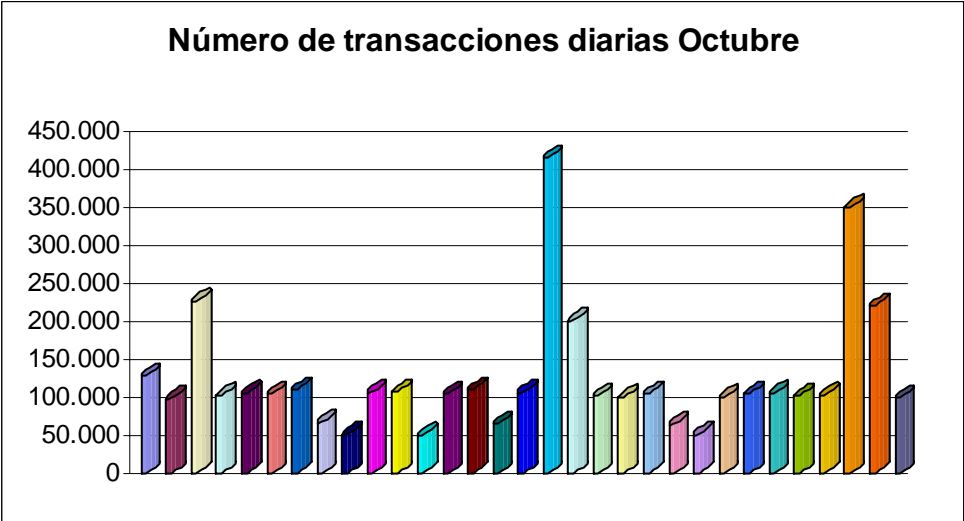
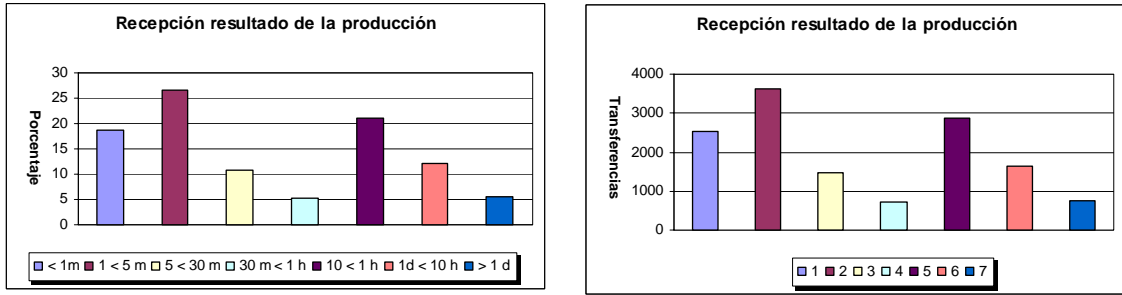


Figura 56: Mes de Octubre. Transacciones diarias

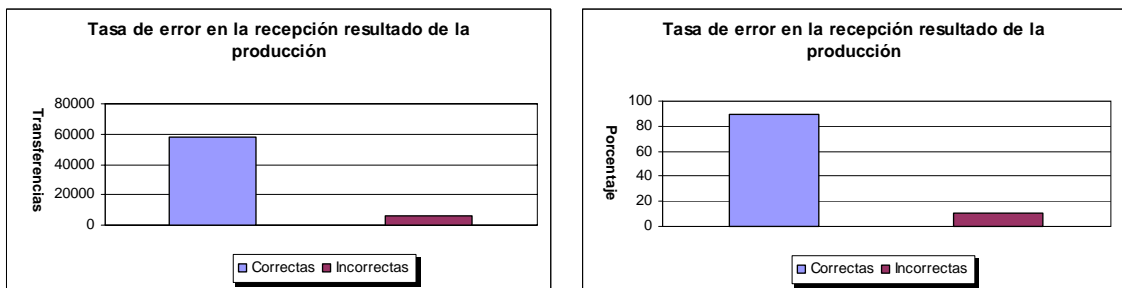
Estos datos son los que alimentan al sistema de estadísticas del SI de la empresa para la toma de decisiones a medio y largo plazo.



**Figura 57: Recepción de resultados de la producción**

La Figura 57 muestra los resultados de las transferencias de las transacciones durante un mes. En este periodo se transfieren 13.612 transacciones de las que el 44% llegan en menos de 5 minutos y en una hora ha llegado el 82% y en un día el 94%. El tiempo que tarda en llegar es dependiente del lugar donde finalice el servicio realizado y el tiempo que tarde en pasar por un punto de confluencia donde transfiere estos datos.

La Figura 58 muestra la tasa de datos erróneos en los datos obtenidos en la producción. Como vemos el 90% de los datos recibidos son correctos.



**Figura 58: Tasa de error**

Una vez recibidos y procesados los datos de producción, la información generada puede ser visualizada a través de la opción estadística del marco principal. Esta opción permite generar informes personalizados de la información a visualizar, definiendo periodos, valores fijos o rango de valores (Figura 59)

### Sistema de Estadística

**General**

Fecha / Hora  /  /   :

Servicio  N°Servicios

N°Línea  Sentido  Expedición  N°Expediciones

Origen  Destino  Medio de Pago  Tarifa

Fecha/Hora(Destino)  /  /   :

---

**Tipología**

Lunes  Martes  Miércoles  Jueves  Viernes  Sábado  Domingo

Festivo  Escolar

---

**Recursos**

Conductor  Guagua  Expendedora  Canceladora

---

**Pasajeros**

Billetes	<input type="text"/>	Magnéticos	<input type="text"/>	Contratos	<input type="text"/>	Anulados	<input type="text"/>	TOTAL	<input type="text"/>
----------	----------------------	------------	----------------------	-----------	----------------------	----------	----------------------	-------	----------------------

---

**Recaudación**

Billetes	<input type="text"/>	Magnéticos	<input type="text"/>	Contratos	<input type="text"/>	Anulados	<input type="text"/>	TOTAL	<input type="text"/>
----------	----------------------	------------	----------------------	-----------	----------------------	----------	----------------------	-------	----------------------

---

**Kilómetros Demandados**

Billetes	<input type="text"/>	Magnéticos	<input type="text"/>	Contratos	<input type="text"/>	TOTAL	<input type="text"/>
----------	----------------------	------------	----------------------	-----------	----------------------	-------	----------------------

---

**Kilómetros Facturados**

Billetes	<input type="text"/>	Magnéticos	<input type="text"/>	Contratos	<input type="text"/>	TOTAL	<input type="text"/>
----------	----------------------	------------	----------------------	-----------	----------------------	-------	----------------------




Figura 59: Definición de consulta de estadística.

Con el fin de resolver reclamaciones al servicio prestado se ha desarrollado una aplicación de resolución de incidencias. Con esta aplicación se valida reclamaciones de los usuarios referentes al cumplimiento del servicio, de los conductores si están en desacuerdo con la recaudación, etc (Figura 60).

### Gestión de Incidencias

Fecha Inicio \* / 06 / 2002      Hora Inicio \* : \*

Nº Conductor \*      Nº de servicio \*

Vehículo \*      Expendedora \*      Canceladora \*

Figura 60: Gestión de incidencia

#### 4.4.2 El sistema de recaudación

El sistema de recaudación se encarga de supervisar que se realiza de forma correcta la entrega del dinero obtenido en la producción. Estos datos son almacenados de forma independiente en los dispositivos embarcados y son enviados de forma prioritaria desde que finaliza el servicio y se entra en zona de cobertura wifi. Una vez obtenidos son utilizados para contrastar las cantidades entregadas por el conductor con las que ha computado el sistema y además para supervisar el nivel de deuda de los conductores con la empresa (Figura 61).

### Actualización de un servicio del conductor 000000

Servicio	Estado Actual	Nuevo movimiento
000001	Pendiente Ingresar: 10.00 €	Cantidad a entregar: <input type="text"/> 0 €
09/09/02	Anulados pendientes: 0.00 €	Anulados a entregar: <input type="text"/> 0 €
10:30	Contraseñas: 0.00 €	Contraseñas a entregar: <input type="text"/> 0
	Contraseñas anuladas: 0.00 €	Contraseñas anuladas a entregar: <input type="text"/> 0
		Ingresos en Banco: <input type="text"/> 0
		Vales a entregar: <input type="text"/> 0
		<input type="button" value="Aceptar"/> <input type="button" value="Borrar"/>
		<input type="button" value="Ver movimientos"/>

Nota: Un billete anulado debe acompañar su correspondiente original, o se tendrá que abonar el importe de ambos billetes


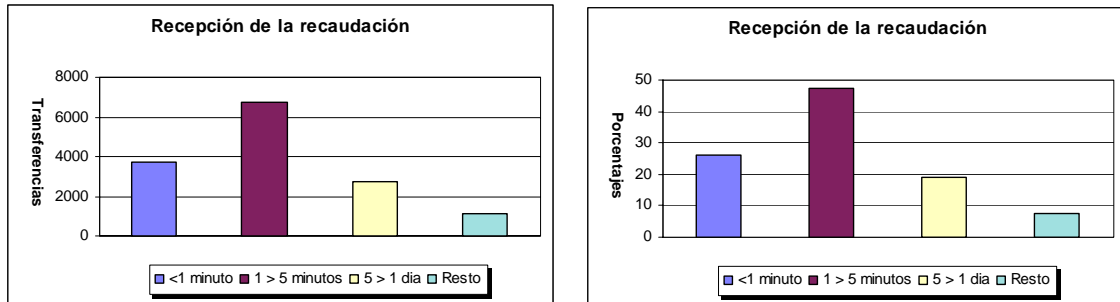


Figura 61: Recaudación de un conductor



La Figura 62 refleja los resultados aplicados a una muestra de 14.000 servicios. En ella podemos observar que el 76% de los vehículos de la flota entregan los datos de recaudación en menos de 5 minutos y el 96% en menos de un día. Como ocurría con la producción los datos no son enviados hasta que el vehículo pase por un punto de confluencia.



**Figura 62: Recepción de la recaudación**

Debido al conocimiento que se tiene de que los datos de los resultados de la producción están disponibles en la empresa de forma casi inmediata hace que los conductores entreguen el dinero recaudado tan pronto lleguen a algún punto de recaudación.

#### 4.4.3 Sistema de control de la explotación

El sistema de control de la explotación se encarga de supervisar que se esta realizando los servicios que se han planificado en la empresa. Para ello, se encuentra en los dispositivos embarcados la información de los servicios planificados de manera que el sistema, apoyándose en la información proporcionada por el subsistema de posicionamiento valide si se esta realizando el servicio planificado, en tiempo y forma. El sistema de control de eventos se configura utilizando la información de gestión de manera que cuando ocurra un evento de control de la planificación este es comunicado al sistema central. Se han definido varios eventos de control de la planificación, asociados al control de paso por parada, es decir si el vehículo pasa por cada parada cuando debe hacerlo, si el vehículo tiene plazas para que suban más viajeros, retraso de una expedición que va provocar un atraso del comienzo de la siguiente expedición, etc. Además hay un evento definido por seguridad y es el de comienzo de servicio, que indica que el conductor se incorporó a la

realización de su servicio diario. Al ser un sistema orientado a la excepción es el sistema embarcado quien lo comunica de forma autónoma sin necesidad de ser interrogado por el sistema central, aunque si el operador lo desea puede hacerlo. Estos eventos son comunicados a través del sistema de radio trunking que utiliza la empresa para sus comunicaciones de voz y datos a larga distancia y es comunicado al sistema de control de flota (Figura 63).

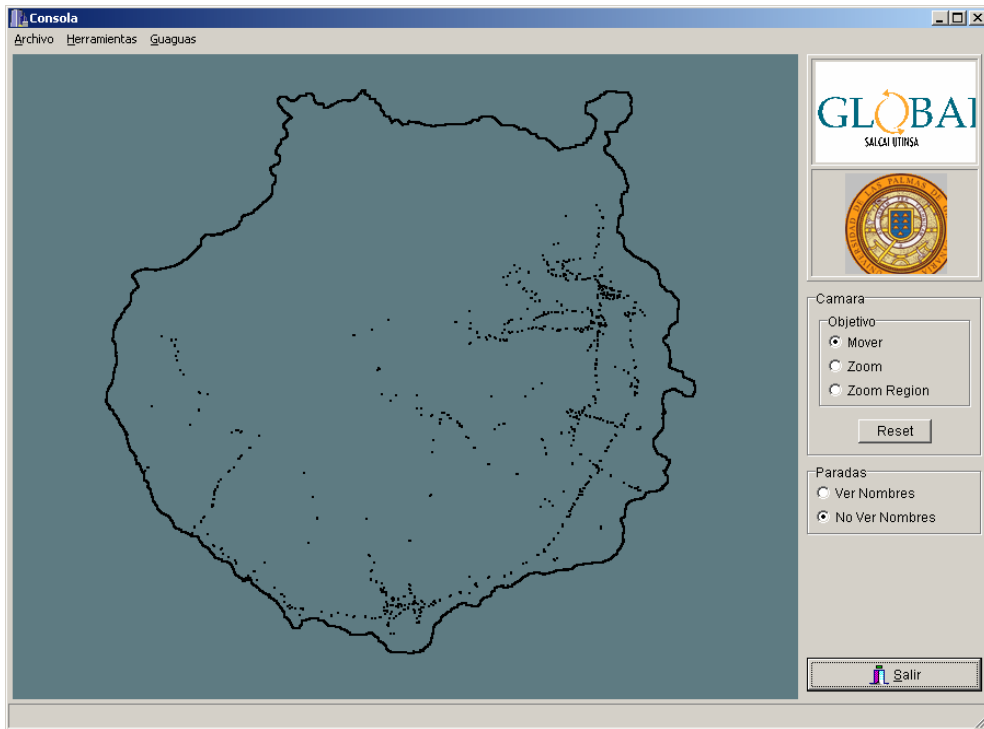


Figura 63: Consola del sistema de control de flota

Las figuras siguientes muestran el tiempo que pasa desde que ocurre un evento hasta que este es recibido por el sistema central.

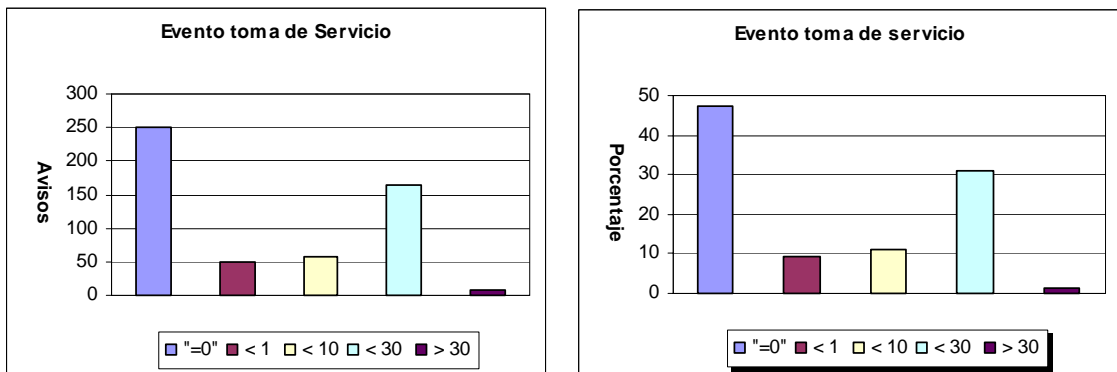
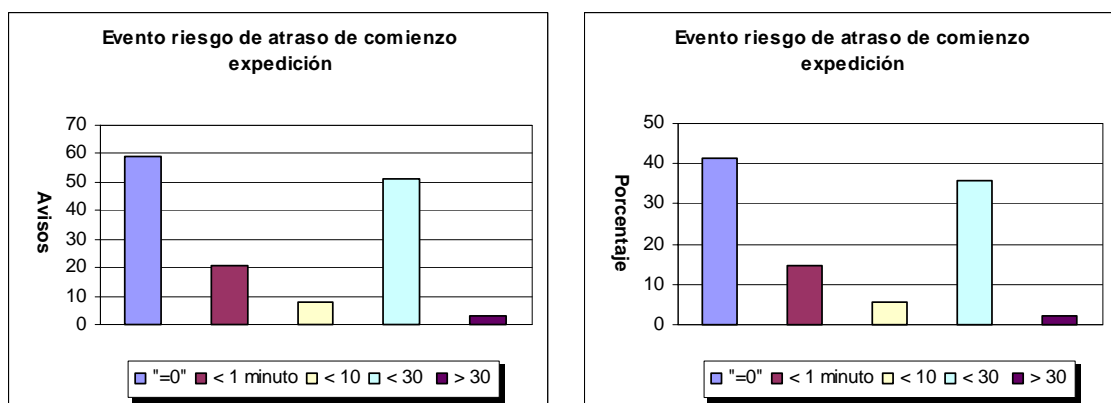


Figura 64: Evento toma de servicio

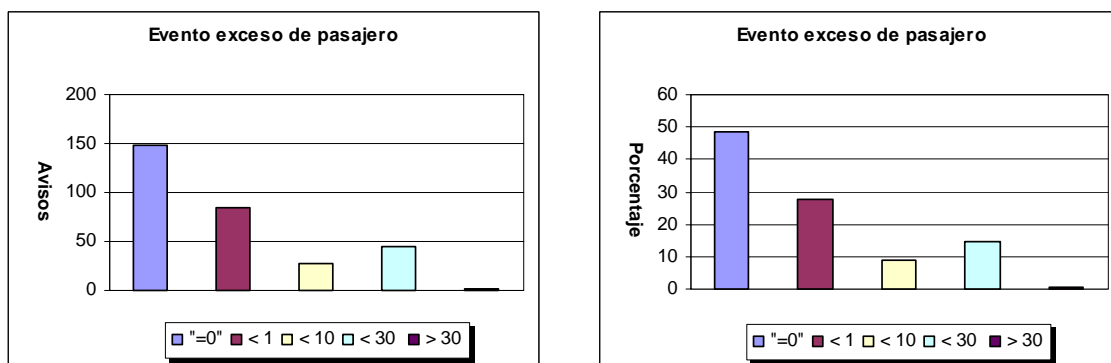
La Figura 64 muestra el evento toma de servicio. Este evento se utiliza para confirmar que un servicio ha comenzado. Sobre una muestra de 530 servicios comenzados el 47% son comunicados inmediatamente y en menos de un minuto se conocen el 67%.

El evento riesgo de retraso de comienzo de expedición avisa cuando una expedición no ha acabado y se estima que no va a concluir a tiempo para el comienzo de la siguiente. La Figura 65 muestra que el 56% de la ocurrencia de este evento es comunicado en menos de un minuto.



**Figura 65: Evento riesgo de atraso de comienzo de expedición**

El evento exceso de pasajeros ocurre cuando el vehículo supera un umbral de ocupación y hay riesgo de que queden viajeros sin recoger. En la Figura 66 vemos que el 75% de los avisos son recibidos en menos de un minuto.



**Figura 66: Evento exceso de pasajeros**

En la consola de control de flota se encuentran los operadores que basándose en la información recibida toman decisiones, cuando procede, para resolver las

incidencias que llegan desde los sistemas en producción. Aunque la supervisión de la actividad de la supervisión es desasistida, la consola de gestión de flota permite al operador iniciar una interrogación para informarse del estado de la producción en algún sistema móvil.

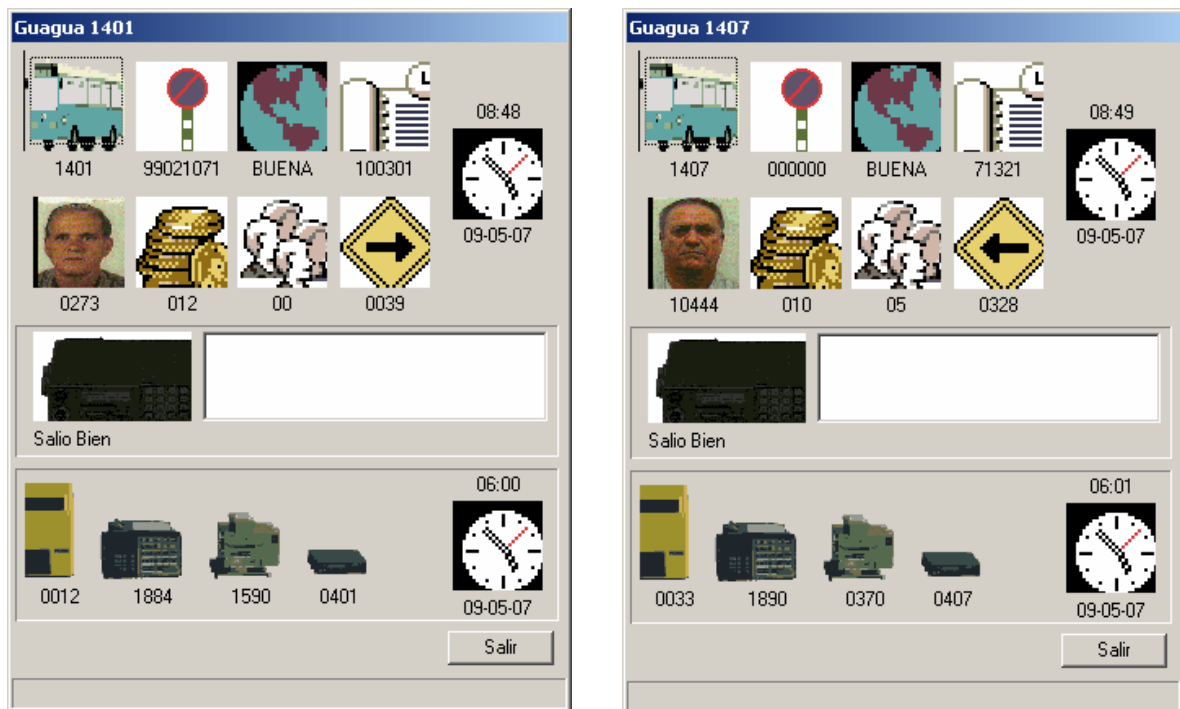


Figura 67: Información de recursos del sistema móvil.

#### 4.4.4 Sistema de ayuda al mantenimiento.

El sistema de ayuda al mantenimiento es una herramienta que se encarga de mantener actualizado a los sistemas embarcados con las últimas versiones de datos y programas. Como comentamos en el capítulo anterior esto se realiza mediante la utilización de buzones que se encuentran ubicados en los servicios centrales de manera que cuando el sistema embarcado este en cobertura accede al buzón y obtiene lo que se encuentre en él.

El mensaje que se deposita en el buzón contiene la realización de una orden, los datos asociados a esta orden, acuse de recibo de la orden, acuse de ejecución de la orden y resultado de dicha orden cuando sea necesario. La Figura 68 muestra en el marco de la izquierda las distintas opciones de la herramienta de mantenimiento de software y de datos del sistema. Estas opciones son crear un mensaje (componer), visualizar los mensajes recibidos y hacer un seguimientos de los mensajes enviados.

Figura 68: Creación de un mensaje de mantenimiento

El marco central muestra la interfase para la creación de un mensaje donde se especifica los datos de configuración del mensaje: asunto, cuando debe ejecutarse, en que etapa del servicio y en que vehículos.

Figura 69: Operaciones con los mensajes

Una vez configurado el mensaje se indica su contenido, que es un conjunto de órdenes que deben realizarse de forma secuencial en el sistema receptor del mensaje. Cada orden es una acción a realizar que tiene sus parámetros de ejecución.

**OPCIONES**

- Correos
  - Por enviar
  - Enviados
  - Erroneos
- Componer
- Recibidos
- Salir

**Operación de incorporar**

**Modo de operación**

Directa  
 - Mediante proceso agente:
 

- Consola
- Planificador

**Datos de ficheros**

Fichero origen:

Nombre de almacenamiento (igual anterior "="):

Fichero destino:

Figura 70: Parámetros de las operaciones

**OPCIONES**

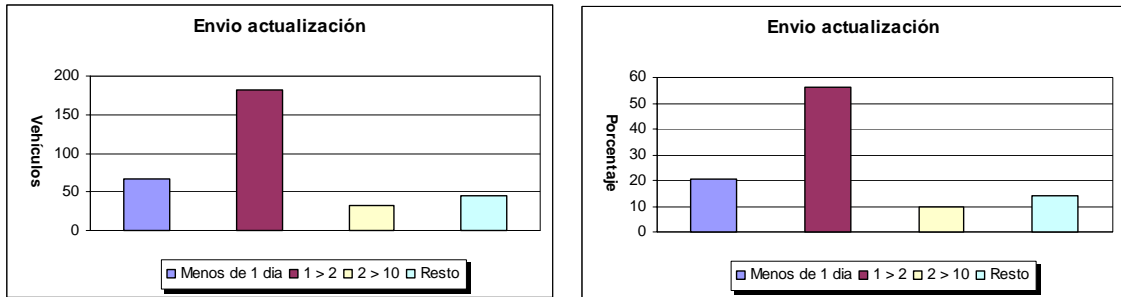
- Correos
  - Por enviar
  - Enviados
  - Erroneos
- Componer
- Recibidos
- Salir

**Correos AT enviados**

GUAGUA	ASUNTO	FECHA	IDENTIFICADOR
1865	Versiones Ejecutables		1120743879
0811	Versiones Ejecutables		1120743879
0408	Versiones Ejecutables		1120743879
0380	Versiones Ejecutables		1120743879
0338	Versiones Ejecutables		1120743879
0799	Versiones Ejecutables		1120743879
0752	Versiones Ejecutables		1120743879
0555	Versiones Ejecutables		1120743879
0844	Versiones Ejecutables		1120743879
0682	Versiones Ejecutables		1120743879
0406	Versiones Ejecutables		1120743879
0691	Versiones Ejecutables		1120743879
0741	Versiones Ejecutables		1120743879
0862	Versiones Ejecutables		1120743879
0452	Versiones Ejecutables		1120743879
0684	Versiones Ejecutables		1120743879
0685	Versiones Ejecutables		1120743879
0382	Versiones Ejecutables		1120743879
0407	Versiones Ejecutables		1120743879
0869	Versiones Ejecutables		1120743879
0330	Versiones Ejecutables		1120743879
0454	Versiones Ejecutables		1120743879
0728	Versiones Ejecutables		1120743879
0301	Versiones Ejecutables		1120743879
0369	Versiones Ejecutables		1120743879
0381	Versiones Ejecutables		1120743879
0395	Versiones Ejecutables		1120743879
0390	Versiones Ejecutables		1120743879
0450	Versiones Ejecutables		1120743879

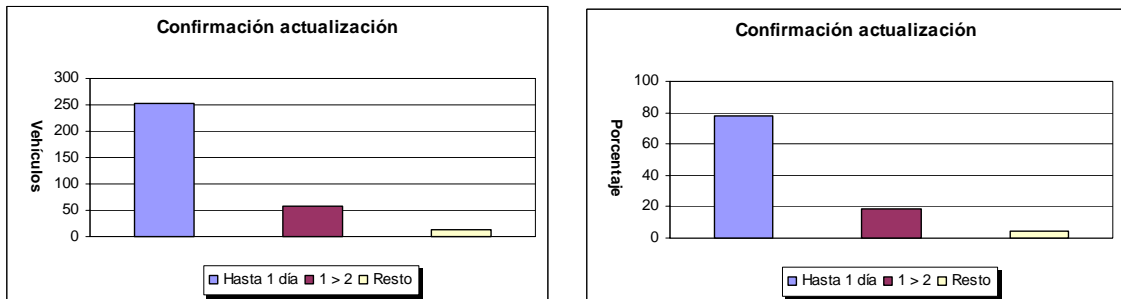
Figura 71: Mensajes enviados

El mensaje una vez creado es depositado en el buzón de salida de los sistemas móviles para que vayan actualizándose según vayan entrando en cobertura. La opción de mensajes enviados nos muestra que sistemas móviles se han actualizado. En la Figura 71 se puede observar que el seguimiento del mensaje cuyo identificador es 1120743879.



**Figura 72: Distribución de una actualización.**

La Figura 72 y la Figura 73 reflejan el tiempo que se tarda en actualizar la flota de la empresa. La Figura 72 muestra cuando tarda el mensaje en llegar a la flota, dependiente de cuanto tarde en ponerse en cobertura y la Figura 73, una vez recibida la orden y ejecutada, lo que tarda en confirmarla.



**Figura 73: Confirmación de actualización.**





## **Capítulo 5: Conclusiones y aportaciones.**

---



## **5.1 Conclusiones y aportaciones.**

Nos encontramos en un momento en el que el mundo de las comunicaciones se introduce en todos los ámbitos de la vida. Los continuos avances tecnológicos hacen que estos sistemas de comunicación presten cada vez más servicios buscando el objetivo de estar siempre conectado. El intento de conseguir este objetivo requiere una renovación de terminales antiguos por otros terminales compatibles con los nuevos sistemas, una especialización cada vez mayor del usuario que emplea estos recursos y un aumento del gasto en comunicaciones.

En empresas cuya actividad se realiza en localizaciones dispersas o que el rendimiento de su actividad depende de la velocidad de reacción ante situaciones inesperadas, este tipo de soluciones son muy atractivas. Pero los requerimientos necesarios van en contra de los criterios de rendimientos de empresas que no se dedican al mundo de las comunicaciones sino que las emplean como herramientas para mejorar su rendimiento. Ante esta situación se hace necesaria la utilización de modelos que racionalicen el gasto de comunicaciones, maximice la inversión realizada y se integren en el sistema de manera que no requiera una especialización de los usuarios que utilicen el sistema. Además deben ser lo suficientemente flexible para introducir las mejoras tecnológicas recogiendo las ventajas, mejorando el servicio, y no sufriendo las desventajas, que supone modificar las formas de actuar de los usuarios del sistema.

Para que la utilización de estos recursos sea ventajosa para este tipo de empresas hemos propuesto la utilización de un modelo basado en los principios de la computación ubicua que permite alcanzar los siguientes objetivos empresariales:

- Mejorar la calidad del servicio. Puesto que facilita el conocimiento de la realidad de la explotación en todo momento y actuar en caso de incidencias que puedan afectar o afecten al servicio pactado con los clientes.
- Optimizar el funcionamiento de la empresa. Puesto que permite obtener la información necesaria para llevar a cabo procesos de realimentación que tienen como objetivo medir la calidad y eficiencia de la corporación.

- Mejorar la seguridad y comodidad. Puesto que permite alcanzar un grado de automatización de los procesos realizados en los vehículos, liberando al conductor de tener que supervisar dichos procesos, y por tanto, permitiéndole una mayor concentración en su principal tarea, que no es otra que la de conducir el vehículo. También el modelo permite desarrollar nuevas herramientas que permitan al cliente del transporte público obtener mayores prestaciones de dicho servicio, prestaciones tales como: nuevos medios de pago más fáciles de utilizar y más atractivos económicamente, mayor y mejor acceso a la información relativa a la oferta de la compañía de transporte. En definitiva, se mejora la percepción que tiene el ciudadano del transporte público.
- Posicionar a la empresa en una situación que le permita evolucionar tecnológicamente. Puesto que el modelo propuesto tiene un carácter integrador y abierto que permite la evolución tecnológica de la empresa de una manera no traumática. Además incentiva la innovación ya que está concebido para el uso de tecnología estándar o de amplio uso del mercado, poniendo así en competencia a los suministradores tecnológicos de la empresa y aprovechándose, por tanto, de unos precios más atractivos.

La aplicación del modelo planteado ha permitido construir un sistema integral de información en la empresa de transportes Global, esta corporación con una flota de 300 vehículos, transporta más de 30 millones de viajeros al año, realizando más de 2000 expediciones diarias. Las herramientas desarrolladas en el marco del modelo han permitido alcanzar los siguientes hitos:

- La racionalización del gasto de comunicaciones, de manera que es el propio sistema quien decide si los datos deben enviarse inmediatamente con coste o si se puede diferir y transmitir sin coste, cuando el sistema este ubicado en un punto de cobertura, todo ello sin intervención humana. Es un modelo en el que los sistemas poseen toda la información necesaria sobre que debe hacer y dentro de que márgenes lo que lo convierte en un modelo de sistemas guiado por la excepción, que funciona de forma autónoma y solo avisa de los sucesos que se desvían de los límites tolerables del servicio.

- Para conseguir los objetivos marcados anteriormente hemos realizado la integración de todos los elementos embarcados alrededor de un ordenador basado en la arquitectura PC al que se le ha dotado de robustez en cuanto a temperatura y vibraciones para la operación en este entorno.
- Hemos desarrollado un entorno que permite crear aplicaciones bajo las premisas antes expuestas: desarrollo basado en sistemas abierto, computación móvil, computación distribuida y uso racional de las comunicaciones. Este entorno esta formado por un protocolo de comunicaciones y en una arquitectura de gestión de eventos.
- Como la flota es amplia y dispersa es difícil supervisar el buen funcionamiento tanto del software como del hardware de los sistemas embarcados. Como se trata de un requisito esencial, hemos utilizados los principios de gestión y administración de redes de ordenadores a la gestión de la flota, introduciendo una base de datos de gestión de los sistemas móviles que es utilizada por la herramienta que gestiona las incidencias que ocurren en los sistemas embarcados, permitiéndonos definir la incidencia y cuando debe ser comunicada. La flexibilidad de la aplicación nos permite utilizarla para gestionar cualquier incidencia. Esta herramienta la hemos utilizado para controlar y administrar las desviaciones sobre el servicio planificado y los errores producidos por un mal funcionamiento del software o el hardware de los sistemas embarcados. En cualquier caso cualquier sistema puede ser interrogado por parte del operador. De esta manera se supervisa el funcionamiento de los dispositivos, el funcionamiento del software y el cumplimiento del servicio planificado por parte de los sistemas. Además se le ha dotado con un sistema de detección no supervisada de manera que cuando se supere ciertos umbrales se comunica de forma autónoma, liberando a los operadores de realizar un seguimiento de cada uno de los vehículos.
- Por el mismo motivo de ser una flota amplia, operaciones como realizar un cambio generalizado de versión de programas, por ejemplo debido a que se añade alguna funcionalidad; cualquier cambio de datos, por ejemplo cambio de tarifas o adición de líneas; o cualquier actuación general supone un inconveniente. Utilizando este entorno de desarrollo

se han creado una serie de aplicaciones distribuidas que utilizando unas herramientas con interfase gráfica de usuario facilitan la configuración de los sistemas móviles, la actualización del software y los datos necesarios para la producción. La actualización es depositada en un sistema de la red de producción de la organización y son los sistemas móviles de forma autónoma descargan la actualización cuando es necesario. Con esto se consigue la actualización automática de una flota dispersa sin detener el servicio y sin intervención humana en cada móvil. Esta herramienta se basa en el protocolo de transferencia desasistida entre los sistemas embarcados y el sistema central, que forma parte del entorno de desarrollo, sobre el que hemos creado un sistema de mensajería que nos permite la actuación sobre los sistemas embarcados tanto general (a toda la flota) como particular (un sistema, un grupo de sistemas). A través de esta mensajería se pueden realizar tareas como actualizar datos y software, obtener los datos procedentes de la producción a partir de la que se genera la información estadística, obtener la recaudación de cada servicio para que este disponible en el momento de la entrega por parte del conductor, utilizar ciertos sistemas como prueba de funciones que se incorporan posteriormente sin tener que acudir a ellos, utilizar los sistemas como fuente de datos de pruebas específicas para la posterior toma de decisiones, etc.

Las principales aportaciones de esta tesis son:

- Originalidad de la arquitectura propuesta, ya que no existen referencias en el contexto del transporte público de viajeros nivel nacional e internacional de un sistema análogo al propuesto, que cumpla con los objetivos mencionados anteriormente.
- Como consecuencia de esta arquitectura se han desarrollado una serie de herramientas telemáticas novedosas en el contexto del transporte público por carretera, concretamente:
  - Middleware que integra en el sistema de comunicaciones corporativo de distintas infraestructuras de comunicaciones públicas y privadas de manera transparente para las aplicaciones.
  - Protocolo de comunicación basado en buzones para el intercambio de datos con los sistemas móviles

- Sistema transaccional que permite las transferencias de los datos generados en la producción de manera automática. A partir de este sistema se han podido desarrollar soluciones que automatizan tareas críticas para la empresa, tales como: liquidación de la recaudación obtenida en los vehículos y mantenimiento de los elementos software de los sistemas embarcados.
- Reutilización de soluciones aplicadas a redes de computadores y ampliamente utilizadas a la gestión y administración de flota de vehículos.
- Modelo de ordenador embarcado basado en componentes típicos y de amplio uso en sistemas móviles informáticos y en sistemas industriales. Actualmente la flota de vehículos de la empresa Global está equipada con ordenadores que han sido construidos siguiendo este modelo.
- Como consecuencia de la aplicación del modelo propuesto, se dispone de un sistema de información integral para la empresa de transporte.

Un resultado de este trabajo es que se dispone de mayor cantidad y calidad de información, además que se facilita el acceso al servicio de transporte público. Como consecuencia de ello se abre un amplio abanico de nuevas líneas futuras de actuación entre los que cabría destacar:

- Sistemas de pago automáticos. Debido a que el modelo expuesto es un sistema abierto con gran capacidad de integración, la adición de nuevos sistemas de pago es tan sencillo como integrar el dispositivo de cobro. Con el modelo propuesto la comunicación entre el medio de pago y el dispositivo de cobro puede realizarse con cualquier medio de comunicación, realizando la integración adecuada. Por lo tanto el problema de que el sistema de pago sea automático se reduce al problema de autenticación fiable del usuario y validación del pago. El avance tecnológico y las comunicaciones han llegado prácticamente a todo el mundo a través de la telefonía móvil. Actualmente hay soluciones de pago de servicios utilizando el terminal móvil y validando con el operador de telefonía. Este sistema es válido para servicios donde el incremento de coste debido al uso del operador de telefonía no es significativo frente al coste del servicio. En muchos casos esto no es

aplicable al pago por el uso del transporte público. En nuestro grupo de investigación estamos trabajando en la utilización del terminal móvil como sistema de autenticación y pago del usuario sin intervención del operador de telefonía, siguiendo el modelo del monedero electrónico y aprovechando el uso de la comunicación inalámbrica a corta distancia que poseen muchos terminales de telefonía móvil.

- Sistema para la obtención de datos y estadísticas que permitan un mayor conocimiento de lo que ocurre en la red de transporte de la empresa. Se trataría de tener toda la información necesaria de cara a optimizar la red. Ello se podría conseguir mediante un conocimiento de los eventos que ocurren en el desarrollo del servicio prestado. Con esta información se podría realizar modificaciones temporales a corto y largo plazo en los trayectos.
- Sistemas de ayuda a la toma de decisiones. Este sistema sería aplicable a un sistema de optimización de la planificación y a un sistema de ayuda al control de la flota. La obtención de la información temporal de lo que ocurre en la producción puede ayuda a realizar un ajuste de la planificación del servicio que se realiza e incluso a tener una planificación no estática como suele ser habitual sino una planificación dinámica dependiente del estado de los trayectos a realizar y de posibles eventos que ocurran en las zona de actuación. Naturalmente esto debe ir acompañado de información al usuario de forma fluida y fiable. De los datos de producción se pueden realizar ajustes realistas a los tiempos de paso por paradas, dimensionar de forma correcta el número de plazas ofertadas para un servicio y su ocupación, etc. Estos mismos principios son aplicables al sistema de control de flota con la información obtenida de forma inmediata por los vehículos que realizan un servicio. A partir de esta información y desde la visión global de la planificación que posee el sistema, este puede proponer soluciones que resuelva la incidencia con el servicio que se está realizando en este momento, así como conociendo esta información y las expediciones futuras que pasaran por los puntos conflictivos, el sistema puede proponer soluciones que amortigüe los efectos de una incidencia. Estas soluciones pueden ir desde modificación de trazados, utilización de otro



vehículo para no afectar a los usuarios que se encuentran más allá de la incidencia, etc. Una vez más, las soluciones que suponen modificación de lo ofertado, por ejemplo cambios de trayectos, llevan consigo el que la compañía de transporte ponga los medios para que los viajeros puedan informarse.

- Sistemas de información para los clientes del transporte público. Uno de los parámetros más importantes para conseguir la confianza de los usuarios del transporte público es la confianza en que la compañía no nos traiciona en lo que oferta, de forma que puedan planificar su actividad utilizando dicho transporte. Es cierto que el cumplimiento de la oferta no depende solo de la compañía que lo presta ya que utiliza la red de carretera que es un recurso compartido. Pero si bien no depende de la compañía la ocurrencia de la incidencia si puede proporcionar al usuario la información de que la incidencia ha ocurrido tan pronto como la conozca e incluso proponerle soluciones alternativas cuando sean posible. Para que esto ocurra de forma efectiva es necesario activar canales de comunicación entre usuarios y compañía de transporte. Por ello vuelve a surgir la importancia del sistema de información al usuario. La aplicación de las tecnologías mostradas a largo de esta tesis pueden proporcionar soluciones que mejoren la comunicación usuario empresa. Soluciones de visualización de información dinámica de lo que ocurre, desde los clásicos paneles informativos electrónicos en las estaciones de autobuses, pasando por los puntos de información situados en las rutas hasta la aplicación de la conectividad global que estamos viviendo. En estas últimas se pueden incluir consultas a sistemas de información web o incluso que el usuario se inscribiera como viajero de un trayecto proporcionando donde quiere recibir cualquier incidencia relacionada con ese trayecto. El lugar donde recibir esa información puede ser un buzón de correo electrónico, un mensaje SMS, etc.

Mención aparte merece el desarrollo de nuevos servicio de información al cliente con discapacidades ya que la arquitectura del sistema permite la integración de dispositivos específicos de los usuarios. Actualmente nuestro grupo tiene previsto una línea de trabajo cuya finalidad es la de permitir la interacción con este tipo de dispositivos.

Otras líneas de actuación transversales al transporte, aprovechando el recorrido de los vehículos por su área de actuación. Ya que sus recorridos son sistemáticos y repetitivos se puede definir un comportamiento habitual y a partir de ese comportamiento evaluar desviaciones, por ejemplo, estado del tráfico. Otro posible aprovechamiento de los recorridos puede ser el levantamiento cartográfico de los lugares por donde pasa.

## Referencias

- (Andreu, 1996)** “Estrategia y sistemas de información.” McGraw-Hill, 1996.
- (Ausubel,1963).** “The Psychology of Meaningful Verbal Learning”. New York: Grune & Stratton.
- (Aymerich, M ,1994)** “Transportes. Un enfoque Integral”. Servicio de Publicaciones. Colegio de Ingenieros de camino, canales y puertos.
- (Azara , M ,1999)** “Computación móvil.” Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales.
- (Cao, 2002)** “Mailbox-based scheme for mobile agent communications”, IEEE Computer, vol. 35, nº. 9, pp. 54–60, Sept. 2002.
- (Catling, 1993)** “Advanced technology for road transport.” Artech House, 1993.
- (De la Rosa, 1992)** “Sistema de Ayuda a la explotación.” J. Actas del I Symposium sobre Ingeniería de los Transportes, Sevilla, 1992, p. 401-418.
- (Diego, 2005)** “Los sistemas de ayuda a la explotación como herramienta de los sistemas de información al viajero.” Enrique Diego, Jefe del Área del Arquitectura Tecnológica. EMT MADRID Internacional Rail Forum 2005
- (Frías, 2006).** “La tecnología en el transporte de viajeros en autobús.” VI Congreso de ingeniería del transporte. Zaragoza, 2006 pp 2017-2022.
- (Gadner, 1999).** “Introduction to Radio Systems.” Advances in Mobile Information System. Artech House, 1999, pp 31-58, 1999.
- (García,C, 2000)** “Un sistema integral de información para el transporte público de viajeros por carretera.” IV Congreso Internacional del transporte. Valencia, 2000, pp 1421-1427.
- (Garcia,C, 2002)** “On board system model for road intelligent transport system”. Urban Transport VIII, WIT Press, 2002, pp 213-219.
- (García,C, 2004)** “Nuevos paradigmas de computación (Movilidad y Ubicuidad) Aplicados al Transporte Público de Viajeros por Carretera.” Foro de Innovaciones Tecnológicas para el Transporte. TRANSNOVA 2004, pp 71-78,
- (García,C, 2004,2)** “A distributed system for mobile information communications,” in Management Information Systems 2004: Incorporating GIS and Remote Sensing. WIT Press, 2004, pp. 103–108

- (García,C, 2004,3)** “Sistema de información de ayuda a la producción para la empresa de transporte público de viajeros por carretera.” Congreso Internacional del transporte (CIT2004). Zaragoza, 2004, pp 1655-1662
- (Garcia,C, 2004,4)** “General structure o fan inter-mode public trasport information system based on web tecnology” Urban Transport X. 2004
- (Garrido, J, 1996)** “Las nuevas tecnologías en la gestión del transporte público por urbano; desde la planificación al control en tiempo real.” II Simposium de Ingeniería de Transporte, Madrid 1996.
- (Global, 2004)** Memoria Anual Global Salcai-Utinsa, 2004
- (Kay 91).** “Computers, Networks, and Education.” Scientific American, September 1991. pp. 138-148.
- (Lave 91).** “Situated learning: legitimate peripheral participation.” Cambridge University Press. Cambridge. New York, NY. 1991.
- (Lucas, 1983).** “Conceptos de los sistemas de información para la administración. “,McGraw-Hill,1983.
- (Mintzberg, H. ,1989).** Mintzberg on Management: Inside our Strange World of Organizations. London. Collin MacMillan,1999
- (Navarro, 2006).** Análisis de experiencias de SAEI en Europa y Latinoamérica. VI Congreso de ingeniería del transporte. Zaragoza, 2006 pp 1647-1654
- (Rubio, 1993).** Los sistemas de comunicaciones en la gestión del transporte público rodad. Rubio Fernández, A. Actas del I Simposium sobre ingeniería de los transportes. Sevilla, 1993, p. 419-419.
- (Rueda, 1998).** “La ciudad compacta y diversa frente a la conurbación difusa.” <http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a009.html>>
- (Saha, 2003).** “Pervasive Computing: A Paradigm for the 21st Century.” Revista Computer. IEEE. vol. 36, nº3 2003, pp 25-31
- (Segui, 2004).** “Los sistemas inteligentes de transporte y sus efectos en la movilidad urbana e interurbana.” Scripta nova, Vol. VI, núm. 170 (60), 1 de agosto de 2004.
- (Senn, 1992).** “Análisis y diseño de sistemas de información.” ,McGraw-Hill,1992
- (Suchman, 85)..** “Plans and Situated Actions: The problem of human-machine communication.” Xerox PARC Technical Report ISL-6. February 1985

**(Tesler, 91).** "Networked Computing in the 1990's". Scientific American, September 1991. pp. 86-93.

**(Weiser,1991).** "The Computer for the 21st Century", Scientific American. Septiembre 1991. pp. 94-104.

**(Weiser,1993,1).** "Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing." CACM, Julio 1993.

**(Weiser,1993,2).** "Ubiquitous Computing", IEEE Computer "Hot Topics", October 1993.

**(Weiser, 1993,3).** "The world is not a desktop", Mark Weiser. Perspectives article for ACM Interactions. Noviembre 1993.

**(Yau, 2002)** "Reconfigurable Context-Sensitive Middleware for Pervasive Computing." Pervasive Computing, vol 3, 2002