

UNIVERSIDAD DE GRANADA
FACULTAD DE CIENCIAS



Departamento de Electrónica y
Tecnología de Computadores

SPIRAL: UN SISTEMA DE TELECONTROL DISTRIBUIDO

TESIS DOCTORAL

Francisco Gómez Mula

Granada, 1994

UNIVERSIDAD DE GRANADA
DEPARTAMENTO DE ELECTRONICA Y TECNOLOGIA DE COMPUTADORES

SPIRAL: UN SISTEMA DE TELECONTROL DISTRIBUIDO

Francisco Gómez Mula
Granada, 1994

D. Alberto Prieto Espinosa,
profesor del Dpto. de Electrónica
y Tecnología de Computadores
de la Universidad de Granada

y

D. Gonzalo Olivares Ruiz,
profesor del Dpto. de Electrónica
y Tecnología de Computadores
de la Universidad de Granada

CERTIFICAN:

Que la memoria titulada "SPIRAL: UN SISTEMA DE TELECONTROL DISTRIBUIDO", ha sido realizada por D. Francisco Gómez Mula bajo nuestra dirección, en el Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores de la Universidad de Granada. Esta memoria constituye la tesis que D. Francisco Gómez Mula presenta para optar al grado de Doctor en Ciencias Físicas.

Granada, a 7 de Enero de 1994



Fdo. Alberto Prieto Espinosa
(Codirector de la Tesis)



Fdo. Gonzalo Olivares Ruiz
(Codirector de la Tesis)

21/2/94

Agradecimientos

Deseo expresar mi agradecimiento a todas aquellas personas que, de un modo u otro, han hecho posible la realización de este trabajo.

A los doctores *D. Alberto Prieto Espinosa* y *D. Gonzalo Olivares Ruiz*, por su inestimable ayuda para la concepción y diseño del sistema **SPIRAL** y por las innumerables sugerencias que han contribuido a la preparación de esta memoria.

Al todos los miembros del *Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores de la Universidad de Granada*, y en especial a *D. Pedro Cartujo Estébanez* por la confianza depositada en mi al hacerme responsable de este trabajo.

A *D. José Antonio Gázquez Parra*, por su ayuda ofrecida en relación a los temas de radiocomunicaciones.

A todo el personal de *Ingeniería y Control Remoto S.A.*, y en particular a su director *D. Alejandro Vega Betoret*, por la excelente labor realizada en todos los proyectos en los que ha sido aplicado el sistema, y por la colaboración obtenida de su departamento de I+D en el desarrollo y depuración de los programas. Especialmente, a *D. Juan Manuel Uribe Gómez* por su ayuda en la realización de los programas en lenguaje ensamblador para el radiomodem y para la tarjeta de control, y a *D. Miguel Damas Hermoso*, *D. José Luis Correa Cabrera*, *D. Agustín Gutiérrez López* y *D. José Manuel Fernández Díaz* por la programación del **SCADA SPIRAL**.

A la *Empresa Municipal de Abastecimiento y Saneamiento de Granada (EMASAGRA)*, por su cooperación en la puesta en marcha de la primera instalación del sistema en una de sus plantas de tratamiento de agua potable.

A la *Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación de la Universidad de Granada* por el apoyo prestado en la búsqueda de financiación y en la comercialización de **SPIRAL**.

*A Cristina,
a Laura
y a Esther*

Indice

Lista de figuras	13
Capítulo I.- El Sistema SPIRAL en el Marco de la Integración de Procesos	23
1.1.- Fabricación Integrada por Computador (CIM)	24
1.2.- Sistemas de telecontrol vía radio	30
1.3.- El sistema SPIRAL	32
Capítulo II.- Modelo conceptual de la red SPIRAL.	35
2.1.- Modelo de Capas	36
2.2.- Capas de Comunicación	38
2.2.1.- La Capa de medios físicos	38
2.2.2.- La capa de Enlace-Red	39
2.2.3.- Formato de las tramas PCSPR.- Encaminamiento de mensajes	40
2.2.4.- La capa de Control	43
2.2.5.- Protocolo SPIRAL de control: PCSPC	45
2.3.- Capas de Usuario	47
Capítulo III.- Concepción y diseño de la tarjeta de control para estaciones remotas (SPI16)	49
3.1.- Descripción general	50
3.2.- La CPU y el sistema de supervisión	54
3.3.- Distribución del espacio de memoria	55
3.4.- Subsistema de memoria	57
3.5.- Entradas digitales	58
3.6.- Entradas analógicas	59
3.7.- Salidas de relés	63
3.8.- El Bus Local	64

3.9.- Los interfaces RS-232	64
Capítulo IV.- Concepción y diseño del Radiomodem	67
4.1.- Descripción general del radiomodem	68
4.2.- Descripción de la tarjeta principal (M12)	71
4.2.1.- Interfaz con el equipo de radio	73
4.2.2.- Distribución del espacio de memoria	74
4.3.- Módulos de interfaz serie	75
4.4.- Tarjeta de radio	77
Capítulo V.- Algoritmos de conmutación de datos	79
5.1.- Descripción general	80
5.2.- Tablas de encaminamiento: Gestión de Red	82
5.3.- Las COLAS DE TRAMAS	83
5.4.- Gestión de Enlace de Datos	87
5.4.1.- Los procesos de Recepción	87
5.4.2.- Los procesos de Transmisión	89
5.5.- Ejemplo de colas	91
5.6.- Gestión de E/S: la capa de Control	94
Capítulo VI.- Algoritmos de conmutación de datos para el radiomodem.	97
6.1.- Descripción general	98
6.2.- Configuración del interfaz de usuario	99
6.3.- Control del interfaz de usuario	100
6.4.- El interfaz con el radioenlace	101
6.5.- Transmisión a través del radioenlace	103
6.6.- Recepción a través del radioenlace	106
Capítulo VII.- Programa SCADA (Control de supervisión y adquisición de datos) .	109
7.1.- Descripción general	110
7.2.- Módulo de ejecución (Run-Time)	113
7.2.1.- Animación gráfica	116

	11
7.2.2.- Ordenes interactivas	120
7.2.3.- Registro periódico	122
7.2.4.- Alarmas y registro de eventos	122
7.2.5.- La capa de Transporte	124
7.3.- Módulo de comunicaciones (Driver)	128
7.4.- Editor de aplicaciones	130
Capitulo VIII.- Resultados prácticos. Proyectos realizados con el sistema SPIRAL .	141
8.1.- Telecontrol de la Estación de Tratamiento de Agua Potable de El Fargue	142
8.1.1.- Variables de la aplicación	145
8.1.2.- Animación de la pantalla de la ETAP de El Fargue	146
8.1.3.- Menú de funciones de la pantalla de la ETAP de El Fargue .	150
8.2.- Telecontrol de la Red de Abastecimiento de Agua Potable de Antequera	151
8.3.- Telecontrol de la Red de Abastecimiento de Alcalá la Real (JAEN) . .	154
8.4.- Telecontrol de la Red de Abastecimiento de agua potable del municipio de Huelma (JAEN)	156
8.5.- Telecontrol de la Red de Abastecimiento de la Planta Desaladora del Sureste de Gran Canaria	159
8.6.- Telecontrol de la Red de Abastecimiento de la Ciudad de Granada . .	161
8.7.- Telecontrol de la Red de Abastecimiento del Bajo Almanzora (ALMERIA)	165
CAPITULO IX.- Conclusiones y principales aportaciones	169
Apéndice A.- Esquemas de diseño de la tarjeta SPI16	173
Apéndice B.- Esquemas de diseño del radiomodem Spiral 1200	189
Apéndice C.- Formato de los ficheros de configuración de la aplicación para el SCADA SPIRAL	207

Apéndice D.- ACRONIMOS 213

BIBLIOGRAFIA 217

Lista de figuras

<i>Figura 1.1: Pirámide CIM.</i>	27
<i>Figura 1.2: Ejemplo de la estructura de red de una fábrica.</i>	29
<i>Figura 1.3: Ejemplo de red SPIRAL.</i>	33
<i>Figura 2.1: Estructura de capas del SCADA SPIRAL.</i>	37
<i>Figura 2.2: Correspondencia con el RM-OSI.</i>	38
<i>Figura 2.3: Flujo de mensajes de petición y respuesta con la tarjeta de control SPI16. PCSPC es el protocolo de control utilizado por SPIRAL.</i>	42
<i>Figura 2.4: Flujo de mensajes para comunicación transparente al protocolo de control.</i>	43
<i>Figura 2.5: Flujo de mensajes para conversión de protocolo (PLC-PCSPC).</i>	44
<i>Figura 2.6: Formato de las tramas de datos.</i>	45
<i>Figura 2.7: Tipos de tramas PCSPC.</i>	47
<i>Figura 3.1: Diagrama general de bloques.</i>	50
<i>Figura 3.2: Diagrama de bloques detallado de la tarjeta SPI16.</i>	52
<i>Figura 3.3: Elección de la RAM.</i>	57
<i>Figura 3.4: Optoacoplo de entradas digitales.</i>	58
<i>Figura 3.5: V_o vs. i_m.</i>	59
<i>Figura 3.6: Diagrama de bloques de la conversión A/D.</i>	59
<i>Figura 3.7: Amplificador de aislamiento.</i>	60
<i>Figura 3.8: I_c vs. V_c. Recta de polarización de Q_i y Q_o.</i>	62
<i>Figura 3.9: Conexión de puertos RS-232.</i>	65
<i>Figura 4.1: Esquema general de bloques del radiomodem.</i>	68
<i>Figura 4.2: Ensamblado de las tres tarjetas del radiomodem.</i>	69
<i>Figura 4.3: Fotografía del radiomodem Spiral 1200.</i>	70
<i>Figura 4.4: Selección de RAM.</i>	71
<i>Figura 4.5: Diagrama de bloques del radiomodem.</i>	72
<i>Figura 4.6: Selección FILTRO.</i>	73
<i>Figura 4.7: Selección de Terminación RS-485.</i>	75
<i>Figura 5.1: DFD general del sistema.</i>	80
<i>Figura 5.2: DFD detallado del programa de comunicaciones.</i>	81

<i>Figura 5.3: Formato de los elementos de la cola.</i>	84
<i>Figura 5.4: Diagrama ASM de la recepción.</i>	88
<i>Figura 5.5: Diagrama ASM de la transmisión sin detección de colisiones.</i>	89
<i>Figura 5.6: Diagrama ASM de la transmisión con detección de colisiones.</i>	90
<i>Figura 5.7: Ejemplo de colas de transmisión y recepción.</i>	91
<i>Figura 5.8: Inserción de una trama recibida en la cola de transmisión.</i>	92
<i>Figura 5.9: Extracción de trama de la cola de transmisión.</i>	93
<i>Figura 5.10: DFD del proceso de gestión de Entrada/Salida.</i>	95
<i>Figura 6.1: DFD del radiomodem.</i>	98
<i>Figura 6.2: DFD detallado del radiomodem.</i>	98
<i>Figura 6.3: Configuración de parámetros de comunicación.</i>	99
<i>Figura 6.4: Ejemplo de trama en el radioenlace.</i>	102
<i>Figura 6.5: Diagrama ASM del proceso TRANSM_RADIO.</i>	104
<i>Figura 6.6: Diagrama ASM del proceso RECEP_RADIO.</i>	107
<i>Figura 7.1: DFD general del sistema SCADA.</i>	110
<i>Figura 7.2: DFD detallado del sistema SCADA.</i>	112
<i>Figura 7.3: Pantalla sinóptica y de instrumentación de la Estación de Tratamiento de Agua Potable de El Fargue.</i>	115
<i>Figura 7.4: Ejemplos de animación sobre el sinóptico de la ETAP El Fargue.</i>	117
<i>Figura 7.5: Edición de Barras.</i>	117
<i>Figura 7.6: Edición de la Aguja.</i>	118
<i>Figura 7.7: Multiplexado en la capa de transporte.</i>	124
<i>Figura 7.8: Ejemplo de sondeo de estaciones remotas: a) Sondeo cíclico de Lectura de variables. b) Ruptura del ciclo para Forzado.</i>	125
<i>Figura 7.9: Diagrama de estados del proceso de sondeo y forzado de variables.</i>	126
<i>Figura 7.10: Ejemplo de ventanas del Editor de Aplicaciones.</i>	132
<i>Figura 7.11: Elección de colores para animado RELLENA.</i>	136
<i>Figura 7.12: Visualización de librería de símbolos de la aplicación.</i>	137
<i>Figura 7.13: Edición de opciones de menú.</i>	138
<i>Figura 7.14: Edición de registro periódico.</i>	140
<i>Figura 8.1: Telecontrol de la ETAP de El Fargue y bombeo de San Miguel.</i>	142
<i>Figura 8.2: Sinóptico de la ETAP de El Fargue.</i>	143

	15
<i>Figura 8.3: Animación de la pantalla sinóptica de El Fargue.</i>	147
<i>Figura 8.4: Telecontrol del Bombeo de la Villa (Antequera).</i>	151
<i>Figura 8.5: Pantalla sinóptica del Bombeo de La Villa, Antequera.</i>	152
<i>Figura 8.6: Pantalla de datos de del Bombeo de La Villa, Antequera.</i>	153
<i>Figura 8.7: Distribución geográfica de la red de abastecimiento de aguas de Alcalá la Real.</i>	154
<i>Figura 8.8: Pantalla sinóptica del depósito Cruz del Rayo, en Alcalá La Real.</i>	155
<i>Figura 8.9: Pantalla sinóptica de telecontrol del Pozo de Gualijar, Huelma.</i>	156
<i>Figura 8.10: Pantalla sinóptica de los decantadores de la ETAP del Bajo Almanzora.</i>	159
<i>Figura 8.11: Red de Abastecimiento de Agua de la Ciudad de Granada.</i>	161
<i>Figura 8.12: Pantalla sinóptica de los Depósitos Altos 1 y 2 de Cartuja, Granada.</i>	163
<i>Figura 8.13: Distribución geográfica de la red da abastecimiento del Bajo Almanzora, Almería.</i>	166
<i>Figura 8.14: Telecontrol de la Red de Abastecimiento del Bajo Almanzora (Almería).</i>	167
<i>Figura A.1: Esquema de la decodificación de direcciones para selección de dispositivos.</i>	174
<i>Figura A.2: Procesador y circuito de supervisión e inicialización.</i>	174
<i>Figura A.3: Sistema de memoria.</i>	175
<i>Figura A.4: Interfaces para entradas y salidas digitales.</i>	175
<i>Figura A.5: Optoacopladores de entradas digitales 0 a 7.</i>	176
<i>Figura A.6: Optoacopladores de entradas digitales 8 a 15.</i>	176
<i>Figura A.7: Relés 1 a 8 y circuitos excitadores.</i>	177
<i>Figura A.8: Relés 9 a 16 y circuitos excitadores.</i>	177
<i>Figura A.9: Interfaces serie RS-232.</i>	178
<i>Figura A.10: Interfaz serie RS-485.</i>	178
<i>Figura A.11: Entradas analógicas 0 a 3.</i>	179
<i>Figura A.12: Entradas analógicas 4 a 7.</i>	179
<i>Figura A.13: Esquema de la conversión A/D.</i>	180
<i>Figura A.14: Esquema de la conversión D/A y microinterruptores.</i>	180
<i>Figura A.15: Conectores, Fuente de 5v, y protección de RS-232.</i>	181
<i>Figura A.16: Distribución de componentes.</i>	182
<i>Figura A.17: Trazado de pistas de la cara de componentes.</i>	183
<i>Figura A.18: Trazado de pistas de la cara de soldaduras.</i>	184
<i>Figura A.19: Fotografía de la tarjeta SPI16.</i>	185
<i>Figura B.1: Procesador y supervisión de M12.</i>	189

<i>Figura B.2: DACIA y microinterruptores de M12.</i>	190
<i>Figura B.3: Modem y fuentes de M12.</i>	190
<i>Figura B.4: Memoria y decodificación de M12.</i>	191
<i>Figura B.5: Conectores de M12.</i>	191
<i>Figura B.6: Distribución de componentes de M12.</i>	192
<i>Figura B.7: Trazado de pistas de la cara de componentes de M12.</i>	193
<i>Figura B.8: L2 de M12.</i>	193
<i>Figura B.9: Esquema de TER232.</i>	195
<i>Figura B.10: Distribución de componentes de TER232.</i>	195
<i>Figura B.11: L1 de TER232.</i>	196
<i>Figura B.12: L2 de TER232.</i>	196
<i>Figura B.13: Esquema de MOD232.</i>	197
<i>Figura B.14: Distribución de componentes de MOD232.</i>	197
<i>Figura B.15: L1 de MOD232.</i>	198
<i>Figura B.16: L2 de MOD232.</i>	198
<i>Figura B.17: Esquema de RS485.</i>	199
<i>Figura B.18: Distribución de componentes de RS485.</i>	199
<i>Figura B.19: L1 de RS485.</i>	200
<i>Figura B.20: L2 de RS485.</i>	200
<i>Figura B.21: Esquema de XSIEMENS.</i>	201
<i>Figura B.22: Distribución de componentes de XSIEMENS.</i>	201
<i>Figura B.23: L1 de XSIEMENS.</i>	202
<i>Figura B.24: L2 de XSIEMENS.</i>	202
<i>Figura B.25: Esquema de PLARADIO.</i>	203
<i>Figura B.26: Distribución de componentes de PLARADIO.</i>	203
<i>Figura B.27: L1 de PLARADIO.</i>	204
<i>Figura B.28: L2 de PLARADIO.</i>	204
<i>Figura 2.29: Fotografía de los módulos que componen el radiomodem.</i>	205
<i>Figura 2.30: Fotografía del ensamblado del radiomodem.</i>	206
<i>Figura 2.31: Fotografía de la conexión de un radiomodem Spiral 1200 a un PLC de SIEMENS.</i>	206

Introducción.

El objetivo principal de este trabajo es la concepción, el diseño y la realización de una red de telecontrol digital vía radio, a la que denominamos red **SPIRAL**, para ser aplicada a cualquier proceso de medida y control sobre elementos geográficamente dispersos, tales como sistemas de riego comunal, sistemas de prevención de avenidas, sistemas para centralización de alarmas, plantas de tratamiento y redes de distribución de aguas, redes de meteorología, sistemas de detección hidrológica, control de medio ambiente, etc.

En diversos campos científicos, técnicos e industriales es necesario realizar medidas periódicas en tiempo real de ciertos parámetros, y actuar sobre elementos de control. Esto no siempre es sencillo, especialmente cuando el control y la observación es distante o de difícil acceso. Además, a veces se requiere la presencia constante de observadores humanos por circunstancias tales como la frecuencia de muestreo o lo imprevisible del momento en que son necesarias la acción de control y las medidas. Actualmente, la tecnología de

computadores permite el control y medida de procesos a distancia mediante microcomputadores enlazados a través de una red de comunicaciones vía radio con un computador central localizado en un centro de proceso de datos bajo supervisión humana.

El interés práctico de la red **SPIRAL** surgió de la necesidad, manifestada por la *Empresa Municipal de Abastecimiento y Saneamiento de Granada (EMASAGRA)*, de automatizar la supervisión de su *Estación de Tratamiento de Agua Potable de El Fargue* desde la estación de *Lancha de Cenes*. La propuesta de dicha automatización resultaba interesante teniendo en cuenta que en términos relativos España está proyectando muchas más plantas que otros países de nuestro entorno, por el hecho de que estos disponen de una infraestructura adecuada desde hace tiempo. Con todo, no disponer de infraestructura previa también tiene sus ventajas, pues mientras otros países cuentan con instalaciones maduras que obedecen a concepciones tradicionales, en España se puede abordar el desarrollo de las nuevas plantas desde una perspectiva más global, incorporando desde un principio todos los recursos que ofrece hoy la ingeniería de control [Gut 89].

Entre los objetivos que desde un principio se han planteado para abordar la construcción de la red **SPIRAL**, cabe citar los siguientes:

- . Aumento de los márgenes de seguridad de la instalación.
- . Ahorro en los costes de producción, optimizando el consumo de energía y disminuyendo los gastos de personal.
- . Mejora de la calidad del producto.
- . Logro de mayor transparencia en la gestión.

Flexibilidad del diseño con objeto de asumir futuras ampliaciones y modificaciones de los elementos que intervienen en los sistemas de gestión, planificación y control de los procesos de fabricación.

La red **SPIRAL** se ha constituido en base a tres elementos esenciales:

Una tarjeta de control (**SPI16**) para ser utilizada como un controlador de área en las estaciones remotas de la red **SPIRAL**. Para ello dispone de entradas y salidas tanto digitales como analógicas, e interfaces de comunicación serie que permiten configurar una red local de control (bus de campo) y la interconexión de la tarjeta con otros sistemas de control comerciales.

Un programa de control de supervisión y adquisición de datos (programa **SCADA**), que permite al operador interactuar con el proceso desde la estación central.

Un equipo de comunicaciones vía radio (*radiomodem Spiral 1200*) que permite enlazar la estación central con las estaciones remotas sobre las que se desea realizar las acciones de medida y control a distancia, directamente o a través de radiomodems intermedios que actúen como nodos encaminadores de la red **SPIRAL**.

En el Capítulo I (**Conceptos básicos: el Sistema SPIRAL en el Marco de la Integración de Procesos**) se muestra una visión general del modelo de fabricación integrada por computador (*CIM*) y de los sistemas de comunicación vía radio, para determinar los entornos de aplicación que servirán como base de partida para establecer los criterios de diseño asumidos en la concepción global del sistema **SPIRAL**.

En el Capítulo II (**Modelo conceptual de la red SPIRAL**) se describen las capas de interconexión definidas y los protocolos de comunicación diseñados para la red de radiomodems **SPIRAL**, exponiendo los principios arquitectónicos que han sido considerados para su concepción. Utilizando el formalismo de redes informáticas, se analizan las capas de comunicación definidas (capa *Física*, capa de *Enlace/Red* y capa de *Control*), describiendo dos protocolos de comunicación, **PCSPR** y **PCSPC**, desarrollados para la capa de *Enlace/Red* y la capa de *Control*, respectivamente.

En el Capítulo III (**Diseño de la tarjeta de control SPI16**) se hace una descripción general de la tarjeta de control **SPI16**, desarrollada para ser utilizada como un PLC en aplicaciones de la red **SPIRAL**. Se examinan con detalle los diferentes bloques funcionales de los que se compone: procesador y sistema de supervisión, selección de dispositivos, módulos de memoria, entradas y salidas tanto digitales como analógicas, e interfaces de comunicación serie.

En el Capítulo IV (**Diseño del radiomodem Spiral 1200**) se expone el diseño de las tarjetas que constituyen el radiomodem de la red **SPIRAL**, mostrando una visión general del sistema y haciendo un análisis de cada uno de los módulos: microcomputador con modem para radio, tarjetas de interfaz para comunicación serie, y módulo de radio.

En el Capítulo V (**Algoritmos de conmutación de datos**) se hace un análisis de los programas de conmutación de mensajes realizados en lenguaje ensamblador para el controlador **SPI16** descrito en el Capítulo III, respectivamente, considerando los flujos de información que establece la conmutación de paquetes sobre el sistema, la estrategia de encaminamiento establecida para la repetición de paquetes a través de la red, la estructura y organización de la memoria intermedia de concentración de datos, y los procesos encargados de la recepción y transmisión de datos a través de los puertos de comunicación.

En el Capítulo VI (**Algoritmos de conmutación para el radiomodem**) se describe el programa realizado en lenguaje ensamblador para el radiomodem. El programa es semejante al correspondiente a la tarjeta **SPI16** (Capítulo V), por lo que sólo se tratan los aspectos particulares del radiomodem: configuración con microinterruptores de los parámetros de

comunicación para el interfaz con el usuario, diferencias de tratamiento de las líneas de control para los distintos adaptadores de interfaz diseñados, y procedimientos de control de acceso al radioenlace.

En el Capítulo VII (**Programa SCADA**) se describe el programa de control de supervisión y adquisición de datos (programa *SCADA*) configurable por el usuario, realizado para ser instalado en aplicaciones de la red de radiomodems **SPIRAL** y permitir una adecuada interacción con el proceso a supervisar. Se analizan cada uno de los tres módulos que forman el programa *SCADA SPIRAL*: módulo de ejecución (*Run-Time*) que se encarga, en tiempo real, de las tareas de supervisión, control y adquisición de datos; módulo de edición de aplicaciones que permite definir las variables del proceso y el tratamiento que recibirán; y módulo de comunicaciones (*Driver*) que proporciona los servicios de conexión a través de la red de radiomodems **SPIRAL**.

En el Capítulo VIII (**Resultados prácticos**) se resumen algunos de los proyectos de telecontrol realizados con el sistema **SPIRAL**: *"Telecontrol de la Estación de Tratamiento de Agua Potable de El Fargue"*, *"Telecontrol de la Red de Abastecimiento de Agua Potable de la ciudad de Antequera"*, *"Telecontrol de la Red de Abastecimiento de Alcalá la Real"*, *"Telecontrol de la Red de Abastecimiento de agua potable del municipio de Huelma"*, *"Telecontrol de la Red de Abastecimiento de la Planta Desaladora del Sureste de Gran Canaria"*, *"Telecontrol de la Red de Abastecimiento de la Ciudad de Granada"* y *"Telecontrol de la Red de Abastecimiento del Bajo Almanzora"*. La primera fase del proyecto *"Telecontrol de la Estación de Tratamiento de Agua Potable de El Fargue"*, en la que se instaló el telecontrol correspondiente a la *ETAP de El Fargue*, permitió el ensayo de los prototipos correspondientes a las primeras versiones del sistema **SPIRAL**. Los proyectos realizados han sido ejecutados por *Ingeniería y Control Remoto Sociedad Anónima (ICR)*, creada a propuesta de la *Oficina para la Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI)* de la *Universidad de Granada* para la comercialización del sistema **SPIRAL**.

En el último capítulo (**Conclusiones y principales aportaciones**) se resumen cuales son las principales aportaciones de este trabajo a la aplicación industrial de la electrónica y

la informática, y se indican las conclusiones finales que pueden extraerse como síntesis de los resultados obtenidos.

En los Apéndices A (**Esquemas de diseño de la tarjeta SPI16**) y B (**Esquemas de diseño del radiomodem Spiral 1200**) se reúnen los esquemas electrónicos, distribución de componentes, trazados de pistas y listas de materiales, correspondientes al diseño de la tarjeta de control **SPI16** (descrita en el Capítulo III) y del radiomodem **Spiral 1200** (descrito en el Capítulo IV), respectivamente. Además se incluyen algunas fotografías que ilustran las distintas tarjetas realizadas.

Con objeto de apoyar la explicación de los algoritmos del **SCADA SPIRAL** (Capítulo VII), en el Apéndice C se recogen los formatos de los ficheros de configuración de aplicaciones del **SCADA**.

El Apéndice D, donde se recopilan los acrónimos utilizados, se ha introducido con la finalidad de facilitar la lectura de la memoria.

Por último se incluye la bibliografía utilizada para la realización de este trabajo. Para referenciar las publicaciones en el texto se han utilizado *formas resumidas* consistentes en los tres primeros caracteres del nombre del autor seguidos de las dos últimas cifras del año de publicación del trabajo.

Capítulo I.- El Sistema SPIRAL en el Marco de la Integración de Procesos

En este capítulo se da una visión general del sistema **SPIRAL**, determinando su aplicación como elemento de integración de control de procesos. En la primera sección (Sección 1.1) se comentan algunos conceptos utilizados en el modelo de fabricación integrada por computador (*CIM*), para establecer el entorno de aplicación que va a ser usado como base para apoyar los principios arquitectónicos en los que se fundamenta el sistema **SPIRAL**. En la siguiente sección (Sección 1.2) se analizan las características particulares y los criterios de aplicación de los sistemas de comunicación vía radio. Y por último, en la Sección 1.3 se realiza una descripción global del sistema **SPIRAL** y de los distintos elementos que lo componen.

1.1.- Fabricación Integrada por Computador (CIM)

Los procesos de producción industriales deben satisfacer el alto grado de flexibilidad que exige el mercado cada vez más competitivo. Para ello se requiere un nivel elevado de automatización e integración de los procesos de fabricación con los sistemas de gestión en lo que se conoce como Fabricación Integrada por Computador, *CIM (Computer Integrated Manufacturing)*, que engloba la interacción de la información correspondiente a los sistemas de ayuda computarizada: diseño *CAD (Computer Aided Design)*, planificación de procesos *CAPP (Computer Aided Process Planning)*, fabricación *CAM (Computer Aided Manufacturing)* y control de calidad *CAQ (Computer Aided Quality Assurance)* [Sch 92] [Mat 90].

La automatización integral se empieza a ver más próxima. Si una compañía se plantea su existencia a medio y largo plazo está claro que no puede considerar la automatización como una opción, sino como una necesidad. Cualquier plan a medio y largo plazo debe incluir la implementación de un sistema que permita la conversión de la gran cantidad de datos procedentes de las plantas de fabricación en una fuente de información más rica, con el fin de optimizar los procedimientos asociados a la producción. El resultado obtenido determina el grado de integración de la automatización.

Para aumentar la efectividad de los operadores de planta y del personal de gestión, esta fuente potencial de datos se debe interpretar, organizar y gestionar desde un *sistema de control de procesos* [Boll 86]. Los sistemas de explotación y control de procesos hacen uso de datos tanto capturados como generados en todo el proceso, implicando la sustitución del elemento humano en la toma de datos y elaboración de decisiones en aquellas circunstancias, sin contar criterios económicos, en las que por las características del proceso ocurra que:

- La acción del hombre no sea lo suficientemente rápida o segura.
- La apreciación humana no sea suficiente para obtener datos precisos.
- La capacidad de procesamiento de información humana sea insuficiente.

Los sistemas de control industrial evolucionaron de los sistemas analógicos, pasando por el control centralizado por ordenador, hasta sistemas de control distribuido.

La primera instalación industrial de un sistema computador ocurrió en 1958 cuando *Louisiana Power and Light Company* instaló un computador *Daynstrom* para monitorización de planta en su estación de energía eléctrica de Sterling, Louisiana. En 1959, *Texaco Company* instaló en su refinería de Port Arthur el primer computador (un *RW-300*) que cerraba un lazo de control de supervisión. El primer computador utilizado para control digital directo (*DDC*) fue el *Ferranti Argus 200*, instalado en 1962 en una planta de *ICI* en Fleetwood, Lancashire, que permitía 256 medidas y 120 lazos de control. En 1961, la *Monsanto Company* desarrolló un esquema jerárquico de control para el complejo petroquímico de *Chocolate Bayou*, en Texas City. Durante la década de los 60 el control por computador implicaba el uso de un único computador para el control centralizado de toda una planta debido al alto coste que representaban estos sistemas. El diseño, instalación y mantenimiento de los sistemas de control centralizado eran tan caros y lentos que su utilización fue relativamente limitada. La aparición de los microprocesadores en 1971 (el 4004 de Intel) y su creciente utilización, que experimentó una verdadera explosión en la década de los 80, provocó un rápido crecimiento en la automatización e integración de los sistemas de control distribuido (*SCD*) en los procesos de fabricación [Com 89] [Del 88]. Tal crecimiento se ha acompañado por una reducción igualmente acelerada de los precios y una expansión simultánea de la capacidad de procesamiento de la información. Paralelamente existe una proliferación de productos de programación que incluye paquetes especiales de control y comunicaciones.

En los esquemas de sistemas de control actuales se utiliza una aproximación mixta entre los sistemas jerárquicos y los sistemas distribuidos [Ben 88].

Los sistemas de control jerárquico se desarrollan de forma natural a partir de las estructuras de decisión de las empresas típicas en las que cada elemento de decisión recibe órdenes desde el nivel que tiene por encima, mientras que los *SCD* se basan en la

incorporación de módulos independientes para la adquisición de datos y control local, de forma que el fallo en un determinado módulo no tiene necesariamente que anular la operatividad del sistema.

Las ventajas que caracterizan a los sistemas jerárquicos de control distribuido se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Instalación y montaje simple.
- Operación más sencilla y segura.
- Distribución funcional y espacial de prestaciones.
- Se opera de acuerdo a una estructura jerarquizada.
- Permite la implementación del concepto de control integral *CIM*.
- Admite una mayor flexibilidad en configuraciones.
- Capacidad de autodiagnóstico y localización de averías.
- Mejor respuesta a alteraciones en el proceso.
- Fácil actualización de prestaciones mediante *software*.

Los requerimientos de comunicación pueden diferir sensiblemente dependiendo de la aplicación de los elementos que se han de comunicar, lo que exige la existencia de vías de comunicación horizontales a distintos niveles organizativos, que se conectan entre si por medio de ciertos medios de interconexión de redes: puentes (*bridges*) y pasarelas (*gateways*).

Por ejemplo, en una aplicación típica de proceso productivo que sigue la metodología *CIM*, se puede establecer un sistema jerárquico de comunicaciones [Sch 92] [Rey 89] [Sch 89], representado en la pirámide de integración que se muestra en la Figura 1.1, capaz de intercomunicar sistemas en 4 niveles:

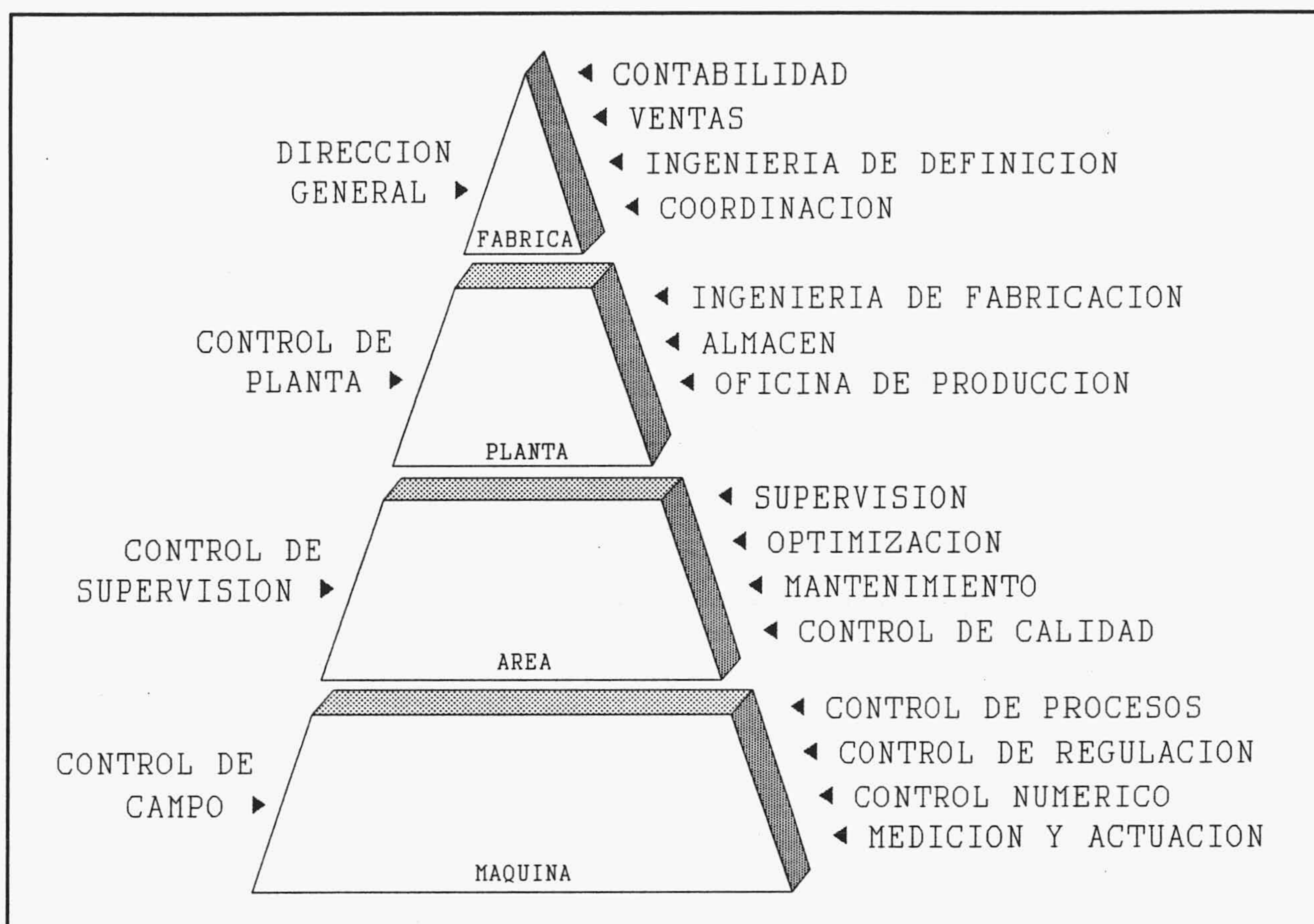


Figura 1.1: Pirámide CIM.

Nivel 4: Gestión. Es el nivel superior y se refiere a las funciones relacionadas con el plan general de organización de la producción: Finanzas, Administración, Aspectos legales, Contabilidad, Ventas, *Marketing*, Investigación e Ingeniería de definición. Las comunicaciones se pueden desarrollar a través de un sistema *TOP* (*Technical and Office Protocols*, TOP-IEEE 802.3).

Nivel 3: Control de planta. En este nivel se realizan las tareas de coordinación de las diferentes áreas: Ingeniería de fabricación, Gestión de almacén de materias

primas (pedidos, recepción, salidas), embalaje y oficina de producción. Como sistema de comunicaciones se puede emplear una red *MAP* (*Manufacturing Automation Protocols*, MAP-IEEE 802.4).

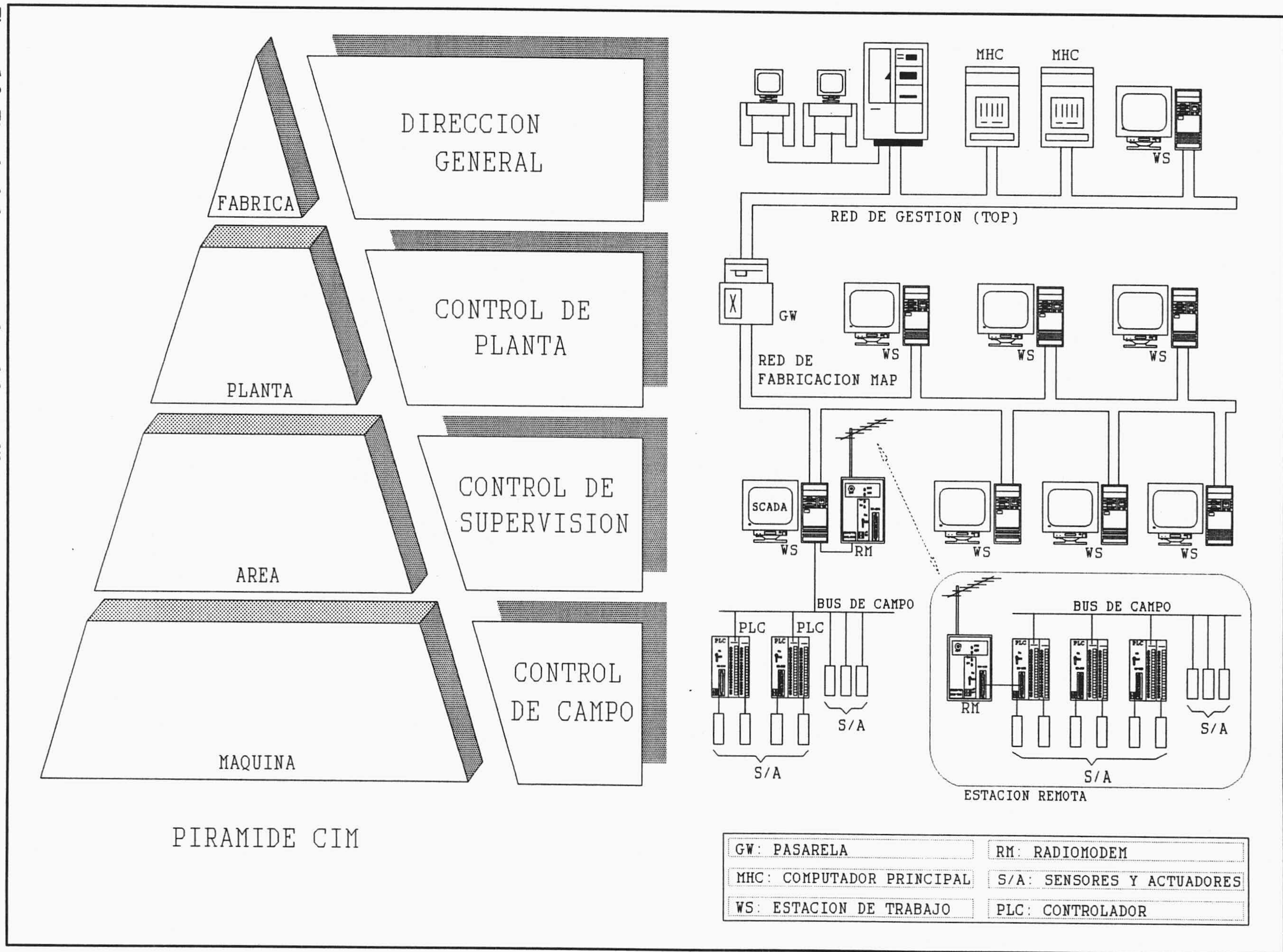
- Nivel 2: Control de Supervisión. En este nivel se dirige el proceso correspondiente a un área, en el que están involucrados varios dispositivos, encargándose de las tareas de Supervisión, Adquisición de datos, Optimización del proceso y Control de calidad. Las comunicaciones se desarrollan a través de buses de campo o de un sistema *MAP*.
- Nivel 1: Control de Campo. Este es el nivel más bajo de la pirámide, e integra el Control de Secuencia (PLC's), el Control de Regulación (controladores PID), el Control Numérico (Máquinas de control numérico, robots), el Control Digital Directo (DDC), los Actuadores y la Instrumentación (sensores). Las comunicaciones se desarrollan a través de buses de campo [Hue 89]. La polémica sobre la normalización de los buses de campo [Med 93] [Aut 92] se centra ahora en torno a las dos propuestas europeas: FIP (*Flux Information Processus*) y Profibus (*Process Field Bus*).

En la Figura 1.2 se representa un ejemplo de control distribuido jerarquizado donde se muestran los distintos niveles correspondientes a la pirámide *CIM*.

En determinadas circunstancias, para la comunicación entre los dos niveles inferiores de la pirámide de integración es aconsejable, como ya se ha mencionado, una conexión vía radio entre los buses de campo y las redes de fabricación, y es en este contexto donde se enmarca el sistema **SPIRAL**. En la parte inferior derecha de la Figura 1.2 aparece un ejemplo de un área geográficamente alejada supervisada a través de un enlace vía radio.

En los siguientes epígrafes se da una visión general de los sistemas de telecontrol vía radio y se describe, de forma global, el sistema **SPIRAL**.

Figura 1.2: Ejemplo de la estructura de red de una fábrica.



1.2.- Sistemas de telecontrol vía radio

La intercomunicación de PLC's y dispositivos de campo en general, a través de enlaces punto a punto, buses de campo o redes locales, no siempre es posible o económicamente viable. La utilización de comunicaciones digitales por radio puede ser una alternativa adecuada y simple en aquellas aplicaciones en que es difícil o costosa la instalación de cables, debido a las condiciones de entorno (carreteras, canales, etc.) o por ejemplo cuando se trata de aplicaciones provisionales, donde se requiere una rápida instalación y puesta en marcha. Su utilidad se hace más patente cuando uno o varios nodos de comunicación se encuentran en movimiento. En sistemas de instrumentación industrial, a veces los puntos de medida no se encuentran próximos a los centros de procesamiento. A veces, además, interesa tomar acciones a distancia sobre un determinado proceso en base a la información recogida previamente [Gal 79] [Alc 92].

Los criterios que determinan la elección de una comunicación vía radio frente a otras posibilidades se puede resumir en los siguientes puntos:

- . Distancias del orden de decenas o cientos de Kms. La fiabilidad de las comunicaciones digitales vía radio es mayor que el de las líneas telefónicas. Además, el coste de líneas telefónicas dedicadas puede ser muy superior.
- . Puntos lejanos o de difícil acceso para el tendido de cables. En determinados entornos las condiciones pueden ser tales que hagan inviable el tendido para redes cableadas. Puede ser necesario, por ejemplo, atravesar carreteras o ríos para acceder desde el computador de supervisión hasta el sistema a controlar.
- . Cuando interesa libertad de movimientos entre el computador de supervisión y el sistema a controlar (vehículos o maquinaria móvil).

Los sistemas de telecontrol vía radio se pueden aplicar, según estos criterios, a cualquier proceso de medida y control a distancia y, en general, a cualquier control distribuido con elementos dispersos, tales como los que se recogen en los siguientes puntos [Boo 86] [Bzu 89] [Gar 89] [Rui 89] [Wwb 89]:

- . Detección de irregularidades en los servicios y lectura de contadores en redes de abastecimiento de agua, gas y electricidad. Las técnicas de transmisión digital vía radio avanzaron cuando fueron empleados precisamente por las compañías de distribución de agua, gas y electricidad para detectar irregularidades en los servicios.
- . Supervisión de plantas de tratamiento y de redes de distribución de aguas.
- . Agricultura. Supervisión de redes de regadío gestionadas por mancomunidades de regantes.
- . Sistemas de prevención de riesgos (redes de detección de avenidas).
- . Sistemas de alarma centralizados.
- . Redes meteorológicas terrestres.
- . Control de acuíferos y sistemas hidrológicos naturales.
- . Control a distancia de calderas, calefacciones y cámaras frigoríficas.
- . Redes de distribución de energía eléctrica.
- . Control de tráfico.

1.3.- El sistema SPIRAL

Como ya se ha dicho, el objetivo que desde un principio se pretende afrontar consiste en la realización de un sistema de supervisión vía radio que permita la integración de procesos correspondientes a áreas alejadas o de difícil acceso desde los centros de control y gestión. Con este propósito se han abordado las siguientes tareas:

- La definición de una arquitectura de red que permite el telecontrol vía radio de diferentes estaciones remotas desde una estación central, como se muestra en el ejemplo de la Figura 1.3, desarrollándose protocolos de comunicación para distintas capas de la arquitectura de red **SPIRAL**.

- El desarrollo de un equipo de comunicaciones vía radio (*radiomodem*) que actúe como nodo de la red de radioenlaces, con posibilidades de ser adoptado como:

- Equipo Terminal de Comunicaciones (DCE)**, para conectar la estación central a la red **SPIRAL** (EC en la Figura 1.3).

- Equipo Terminal de Datos (DTE)**, para conectar a la red los sistemas de control de las estaciones remotas, configurados como DCE's. En la Figura 1.3, los radiomodems de las estaciones remotas ER1 a ER6 pueden actuar como equipos terminales conectados a los PLC's correspondientes.

- Equipo de Conmutación de Datos (DSE) o Nodo Encaminador de red (Router)**, que permite establecer topologías de red de radioenlaces de tipo *estrella ramificada, difusión*, etc. En el ejemplo de la Figura 1.3, el radiomodem de ER2 y el del repetidor actúan como equipos DSE. También pueden actuar como DSE's el resto de los radiomodems, incluido el de la estación central, si los equipos a los que se conectan tienen implementado el protocolo de red de **SPIRAL**.

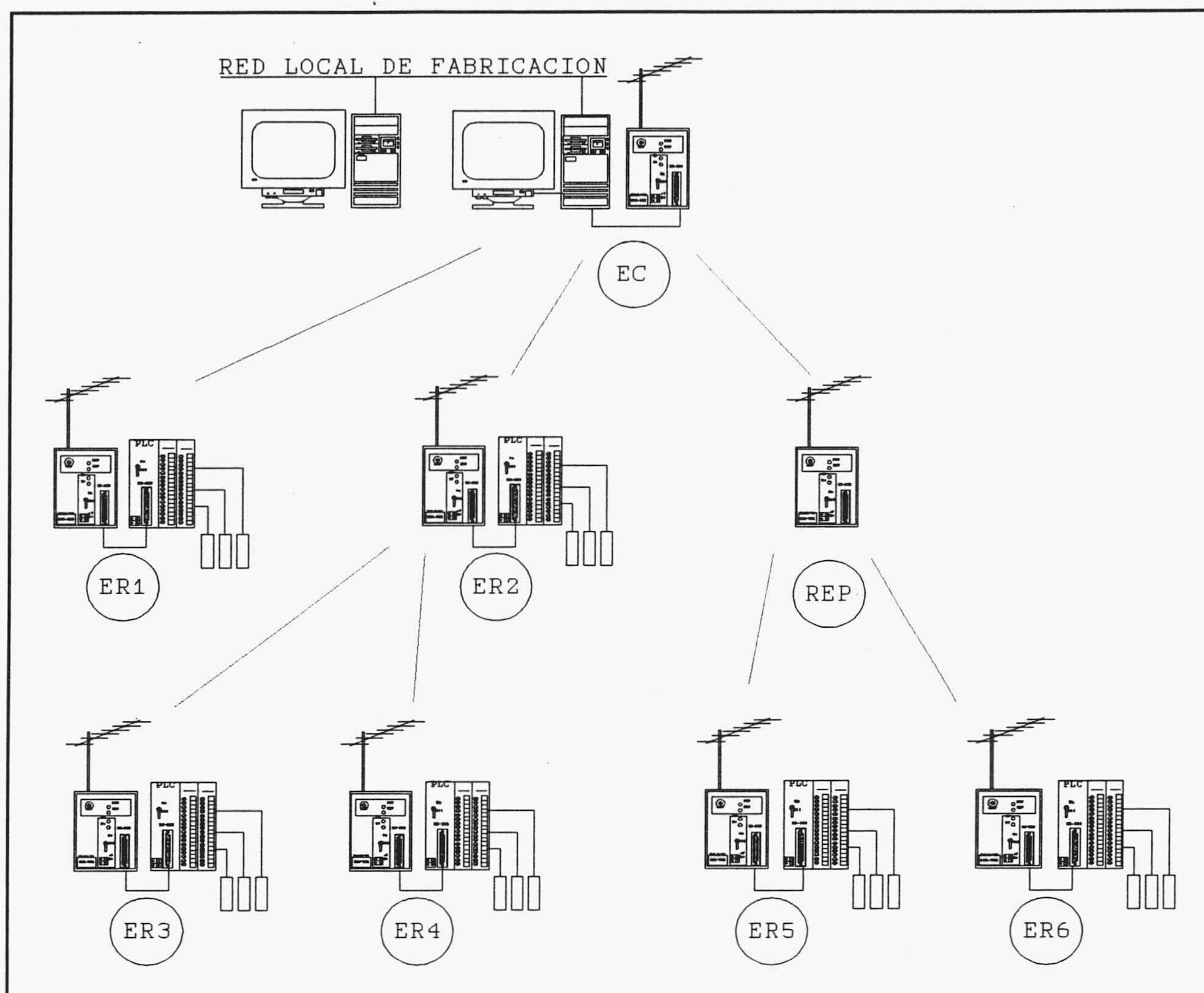


Figura 1.3: Ejemplo de red SPIRAL.

-**Nodo Puente (Bridge)**, para enlazar sistemas vía radio de forma *transparente*. Esto permite la sustitución inmediata de cualquier enlace punto a punto, independientemente de los protocolos implicados en la comunicación.

-**Nodo convertidor de protocolo o pasarela (Gateway)**, que permite interconectar la red **SPIRAL** a otro tipo de redes o sistemas de comunicación.

El desarrollo de una tarjeta de control para ser utilizada como un controlador de área en las estaciones remotas de la red **SPIRAL**. Dispone de entradas y salidas tanto digitales como analógicas, e interfaces de comunicación serie que permiten configurar una red local de control con los protocolos de comunicación de **SPIRAL** y la interconexión con diversos sistemas de control comerciales.

El desarrollo de un programa de control de supervisión (programa SCADA), que permita al operador interactuar con el proceso. Como elemento de control de supervisión, en la estación central se utiliza un Computador Personal para el que ha sido realizado el programa *SCADA*. El programa se adapta a la aplicación utilizando funciones de diseño que permiten crear de forma rápida los sinópticos que aparecerán en la pantalla y asociar diferentes iconos gráficos a variables del proceso, pudiendo representar dinámicamente esquemas de planta, instrumentos de panel, gráficos de tendencias, rótulos, alarmas, históricos, etc. Otras funciones de diseño permiten generar el sistema de menú de ordenes, la generación de alarmas, el almacenamiento de variables y eventos para su análisis posterior, y la generación de informes impresos.

Capítulo II.- Modelo conceptual de la red SPIRAL.

En este capítulo se describen las capas de interconexión y los protocolos de comunicación diseñados para la red de radiomodems **SPIRAL**. En la Sección 2.1 se hace una descripción general de la arquitectura de red del sistema **SPIRAL**, exponiendo los principios teóricos y arquitectónicos que han sido considerados para su concepción. En la Sección 2.2 se analizan las capas de comunicación (capa *Física*, capa de *Enlace/Red* y capa de *Control*), definiendo los protocolos **PCSPR** y **PCSPC** desarrollados para la capa de Enlace/Red y la capa de Control, respectivamente. Por último, en la Sección 2.3 se hace referencia a las capas de usuario, correspondientes al programa de control de supervisión de la estación central, que son analizadas en el Capítulo VII.

2.1.- Modelo de Capas

La clave para simplificar la complejidad de diseño de redes de computadores consiste en la proyección de la red como un conjunto jerárquico de capas (*Arquitectura de Red*) cada una superpuesta a la anterior, reduciendo el diseño global al diseño de cada una de las capas y facilitando considerablemente el trabajo de desarrollo y mantenimiento, así como la interconexión de equipos heterogéneos. El diseño de una capa se restringe al contexto de esa capa y supone que los problemas externos a ella ya están debidamente resueltos. En este sentido se han de definir para cada capa los servicios proporcionados a la capa superior y el correspondiente protocolo que permita la comunicación entre dos sistemas [Ale 88] [Bel 89] [Hui 93] [Hop 89] [Pri 87].

Para diseñar la red de radiomodems **SPIRAL** se han tenido en cuenta los principios arquitectónicos [Bel 89] sobre los que se basa el modelo de capas *RM-OSI de ISO (Modelo de Referencia para Interconexión de Sistemas Abiertos)*, atendiendo además a las siguientes consideraciones:

-La arquitectura tratada es asimétrica, en el sentido de que se pretende intercomunicar un proceso industrial real con una imagen virtual de este representada sobre un computador en la sala de control central.

-Pueden existir diversas plantas o áreas de fabricación distribuidas geográficamente en distintos puntos. Por ejemplo, puede ser necesario supervisar conjuntamente todas las plantas de tratamiento, depósitos, distribución y plantas depuradoras de aguas residuales correspondientes a una línea de agua. Se podrán conectar, por lo tanto, cientos de estaciones a través de la red, con una topología en estrella, y con la posibilidad de que algunas estaciones actúen como equipos de conmutación de datos para enlazar estaciones lejanas o sin visibilidad directa con la central (estrella ramificada).

-La red debe ser capaz de interconectar equipos heterogeneos: el protocolo de comunicación de los sistemas de control de fabricación puede no ser siempre el mismo, e incluso pueden existir distintos protocolos de comunicación para las distintas plantas de

fabricación. Ello puede ser debido, por ejemplo, a que algunos sistemas de control local puedan haber sido instalados con anterioridad a la proyección de la red de supervisión.

-La conexión se realiza de forma continuada e ininterrumpida, por lo que carece de sentido el establecimiento de "sesiones" de comunicación.

-La información que se comunica es la correspondiente a la actualización cíclica de la imagen virtual del proceso, aconsejando la utilización de técnicas de sondeo rotatorio sobre las distintas estaciones remotas. Ocasionalmente transitarán mensajes excepcionales como órdenes de forzado sobre el proceso o alarmas críticas generadas por este, que romperán la secuencia de actualización cíclica.

-La red se destina al control de supervisión y adquisición de datos, *SCADA* (*Supervision Control And Data Acquisition*): el programa de control de de la estación central no cerrará, a través de la red de radiomodems, los lazos de control correspondientes a procesos críticos, que se resolverán sobre los sistemas de control en planta (control distribuido).

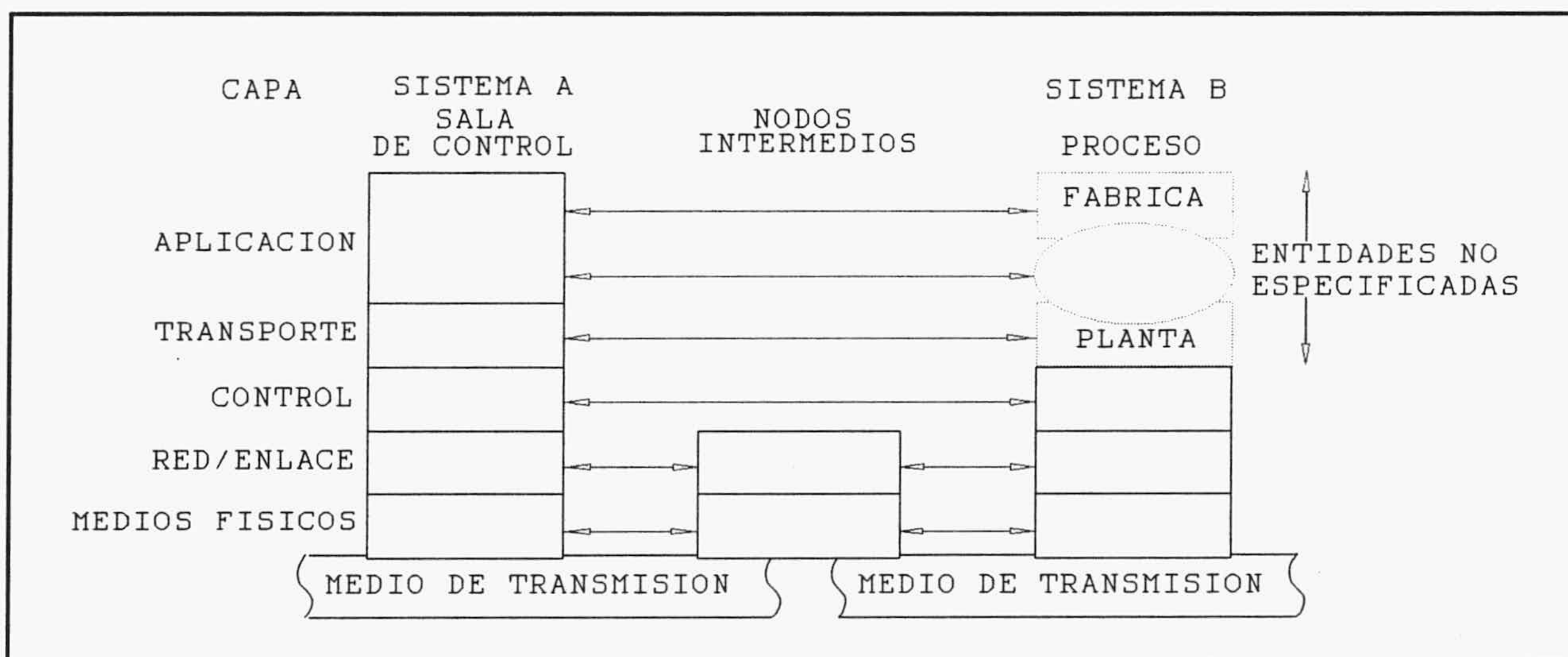


Figura 2.1: Estructura de capas del SCADA SPIRAL.

La arquitectura se ha resuelto en base a las seis capas representadas en la Figura 2.1. Las tres capas inferiores (*Medios Físicos, Red y Control*) corresponden a la red de

comunicaciones de radiomodems, y el resto de las capas (*Transporte y Aplicación*) al tratamiento de la información del proceso por parte del programa de control *SCADA*.

La Figura 2.2 muestra la correspondencia entre la arquitectura de la red **SPIRAL** y el modelo de referencia **OSI**. En las siguientes secciones se hace una descripción detallada de las tareas que se realizan en cada una de las capas definidas.

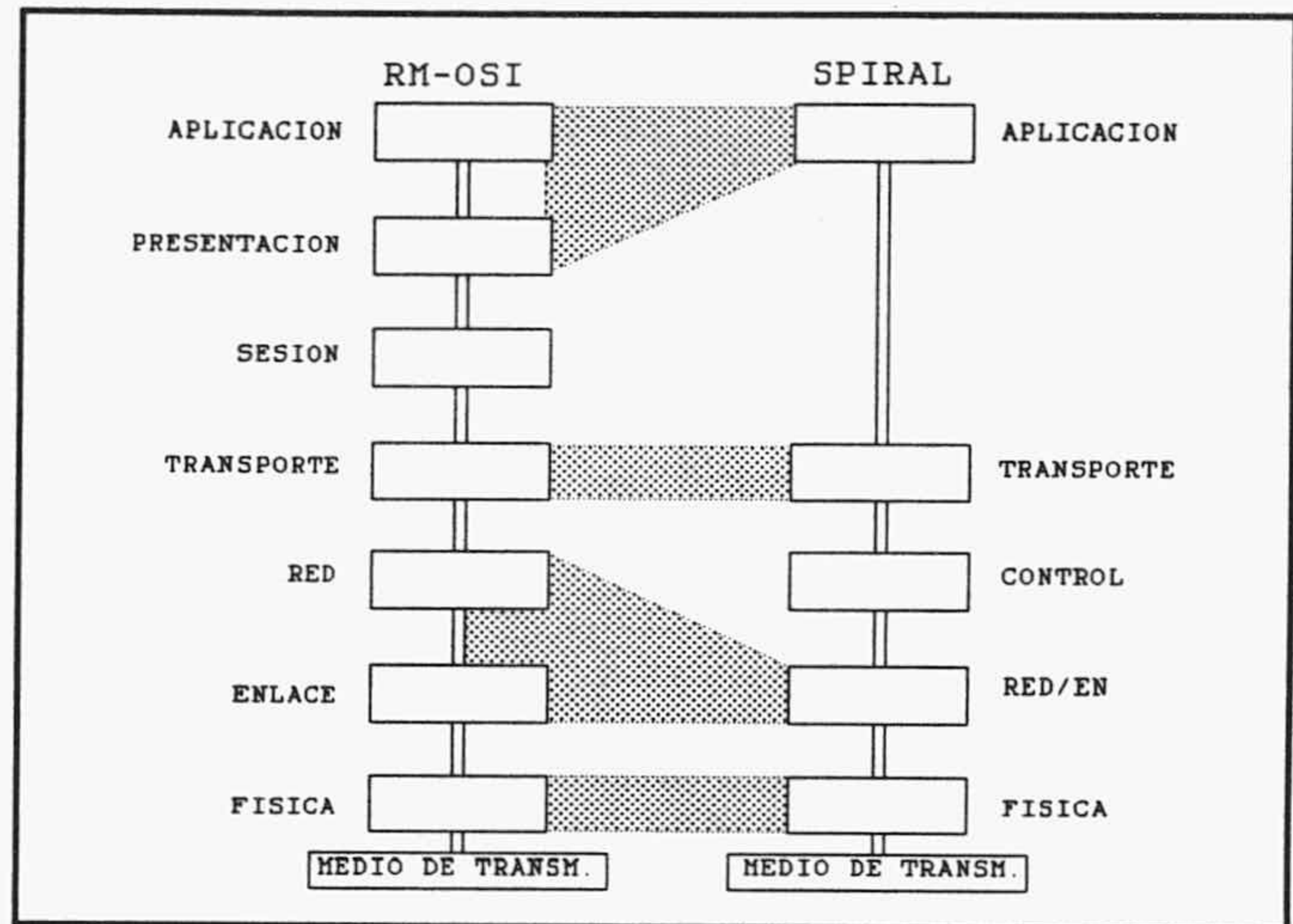


Figura 2.2: Correspondencia con el RM-OSI.

2.2.- Capas de Comunicación

Las capas de *comunicación* describen la transmisión de información a través de la red de radiomodem, permitiendo la conexión entre dos equipos terminales de datos (*DTE*). Como se verá a continuación, para esta conexión podrá ser utilizado cualquier protocolo de control (*PLC*), embebido sobre tramas del protocolo de red **PCSPR** (*Protocolo de Comunicación SPIRAL para la capa de Red-Enlace*) o utilizando un servicio de conexión *transparente* que puede ser ofrecido por la capa de *Red-Enlace*.

2.2.1.- La Capa de medios físicos

La capa 1 (capa de *Medios Físicos*) es la más baja, y describe las distintas opciones desarrolladas como interfaz para la interconexión *DTE-DCE* (**RS-232**, **RS-485**, lazo de corriente **TTY**, etc.), así como el interfaz diseñado para el enlace vía radio entre los radiomodems (*DSE-DSE*). Sobre la realización de estos interfaces se hace una descripción detallada en el Capítulo IV.

2.2.2.- La capa de Enlace-Red

En la capa 2 se han reunido las tareas correspondientes a las capas de *Enlace de Datos* y *Red* del modelo de referencia OSI. La elección de un único canal de radio compartido por todos los enlaces conlleva altos tiempos de conmutación en relación a los tiempos de transmisión, lo que, unido a la alta fiabilidad de la comunicación por radio, hace desaconsejable el empleo de técnicas de corrección de errores a nivel de Enlace de Datos. Esto ha permitido incluir los procedimientos de control de *Enlace de Datos* y de *Red* en una única capa (*Enlace-Red*), estableciendo un sencillo protocolo (PCSPR) orientado a byte que se encarga de encaminar la información a través de una trayectoria de conexión terminal-terminal en base a tablas estáticas de ruta almacenadas en los posibles nodos intermedios. La capa de *Enlace-Red* tiene por objeto suministrar los medios necesarios para el intercambio de la información que efectúa la capa de *Transporte*, encauzando los paquetes de datos a través de los distintos equipos de conmutación intermedios. Para ello, la capa de *Enlace-Red* debe encargarse de las siguientes tareas:

-*Control de enlace lógico (LLC)*. Gestiona el direccionamiento necesario para la identificación de los equipos origen y destino de los mensajes, y la detección de errores de comunicación. Los paquetes recibidos con errores por un nodo son eliminados de la red. Las funciones de corrección de errores se reservan a las capas superiores, implementadas por el programa SCADA, que resolverán la recuperación de la información perdida en la forma definida en cada aplicación.

-*Control de acceso al medio (MAC)*, encargado de los protocolos de acceso para compartir el canal y evitar en lo posible la ocurrencia de colisiones.

-*Encaminamiento de paquetes*, que permite definir la ruta que seguirá cada paquete entre la estación central y cada una de las remotas.

En la siguiente sección se describe el formato de las tramas adecuado para realizar las tareas citadas.

2.2.3.- Formato de las tramas PCSPR.- Encaminamiento de mensajes

Los paquetes, en la capa de *Enlace-Red*, se intercambian en tramas de longitud variable con el siguiente formato, al que denominaremos "PCSPR":

@	<i>Destino</i>	<i>Origen</i>	<i>Enlace</i>	<i>Información</i>	<i>Cheq</i>	<i>CR</i>
---	----------------	---------------	---------------	--------------------	-------------	-----------

El primer campo (carácter @, 40_{Hex}) es el delimitador de inicio de trama. Los equipos receptores solo analizarán los datos recibidos a partir de este carácter y hasta que encuentren el delimitador de final de trama (carácter CR, 0D_{Hex}).

El campo *Destino* es el identificador de la estación destinataria de la información. Es una palabra de 16 bits codificada como cuatro caracteres hexadecimales, permitiendo hasta un total de 65535 estaciones.

Origen identifica a la estación origen del paquete. Se codifica como cuatro caracteres hexadecimales.

El siguiente campo, *Enlace*, es el identificador de la estación a través de la que el paquete se encamina. Entre la estación origen y la destino no tiene por qué existir un enlace directo. En efecto, los paquetes pueden seguir distintas rutas a través de diversos nodos hasta llegar a su destino. En cada estación intermedia se modifica este campo para identificar la siguiente estación de acuerdo con la ruta preestablecida estáticamente en tablas almacenadas en cada una de las estaciones. La elección de un algoritmo estático de encaminamiento se justifica porque las aplicaciones a las que se destina el protocolo conllevan un tráfico constante de información, haciéndose innecesaria una reestructuración dinámica de las rutas que, por otro lado, en la mayoría de los casos quedarán fijadas por la topología de la red sin posibilidad de alternativas. Al igual que para los identificadores de estación *Destino* y estación *Origen*, este campo se codifica con cuatro caracteres hexadecimales.

El campo *Información* contiene los datos que se desean enviar. El tamaño de este campo es variable, y vendrá determinado por el delimitador de final de trama (**CR**). Para poder enviar en este campo cualquier carácter incluidos los que el protocolo utiliza como caracteres delimitadores de trama, a estos se les antepone el carácter de escape de control **ESC** (carácter ASCII $1B_{Hex}$). Lo mismo ocurre con el carácter **ESC**, que habrá que duplicarlo para que sea interpretado como un dato del campo de información.

Cheq es un campo de dos caracteres de longitud, definido para reconocer posibles errores en la comunicación de la trama. Consiste en un byte codificado como dos caracteres hexadecimales, obtenido por la operación exclusive-OR de todos los caracteres de la trama anteriores al campo *Cheq*, incluyendo el carácter **@**. Es, por lo tanto, una paridad longitudinal.

Esta capa ofrece dos posibles servicios:

a) *Conexión a través del protocolo PCSPR*. Desde el *DTE*, la información se ha de enviar embebida sobre tramas **PCSPR**. Los mensajes entre *DTE* y *DCE* o entre dos *DTE*'s utilizan dicho protocolo. En la Figura 2.3 se muestra la estructura de capas y un diagrama temporal del flujo de mensajes de petición y respuesta para cada uno de los nodos del ejemplo de red representado en la parte superior de la figura, en el caso de utilizar, tanto para la estación central como para la remota, equipos *DTE* que soportan el protocolo **PCSPR** (i.e. **SPI16**).

b) *Conexión transparente*. Los mensajes enviados en tramas sin formato especificado, desde el *DTE* hacia el radiomodem (*DCE*), son embebidos por este sobre tramas **PCSPR** para su envío a la red utilizando algoritmos de detección de discontinuidades para delimitar los mensajes. En la recepción, los mensajes son extraídos del la trama **PCSPR** en el radiomodem (*DCE*). De esta forma, el protocolo **PCSPR** es transparente a la conexión entre el computador de la estación central (*DTE*) y el controlador de la estación remota (*DCE*), lo que permite comunicar dos equipos mediante cualquier protocolo para el que los tiempos de conmutación a través de la red de radiomodems sean admisibles (i.e. protocolos de diversos PLC's comerciales, *XMODEM*, etc). La estructura de capas correspondiente se muestra en

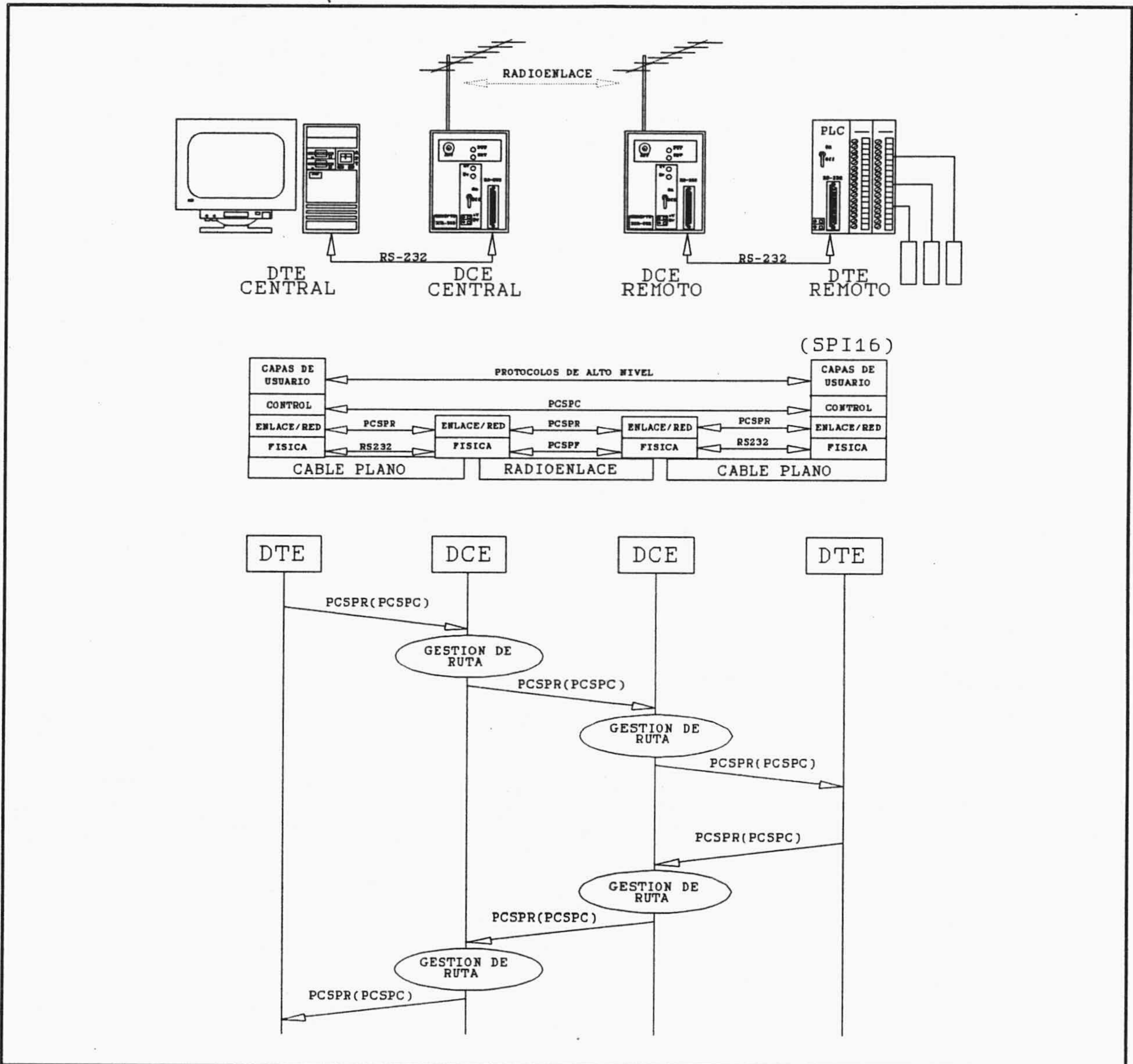


Figura 2.3: Flujo de mensajes de petición y respuesta con la tarjeta de control SPI16. PCSPC es el protocolo de control utilizado por SPIRAL.

la Figura 2.4. Se puede observar que el radiomodem conectado al *DTE* remoto se comunica con este a través de una conexión *transparente*, sin protocolo definido en la capa de *Red-Enlace*, encargándose el radiomodem de las tareas de extracción, desde el campo de información de las tramas **PCSPR**, de las tramas destinadas al *DTE* remoto, y de delimitación de las tramas de respuesta del *DTE* remoto (utilizando el algoritmo de detección de discontinuidades en recepción).

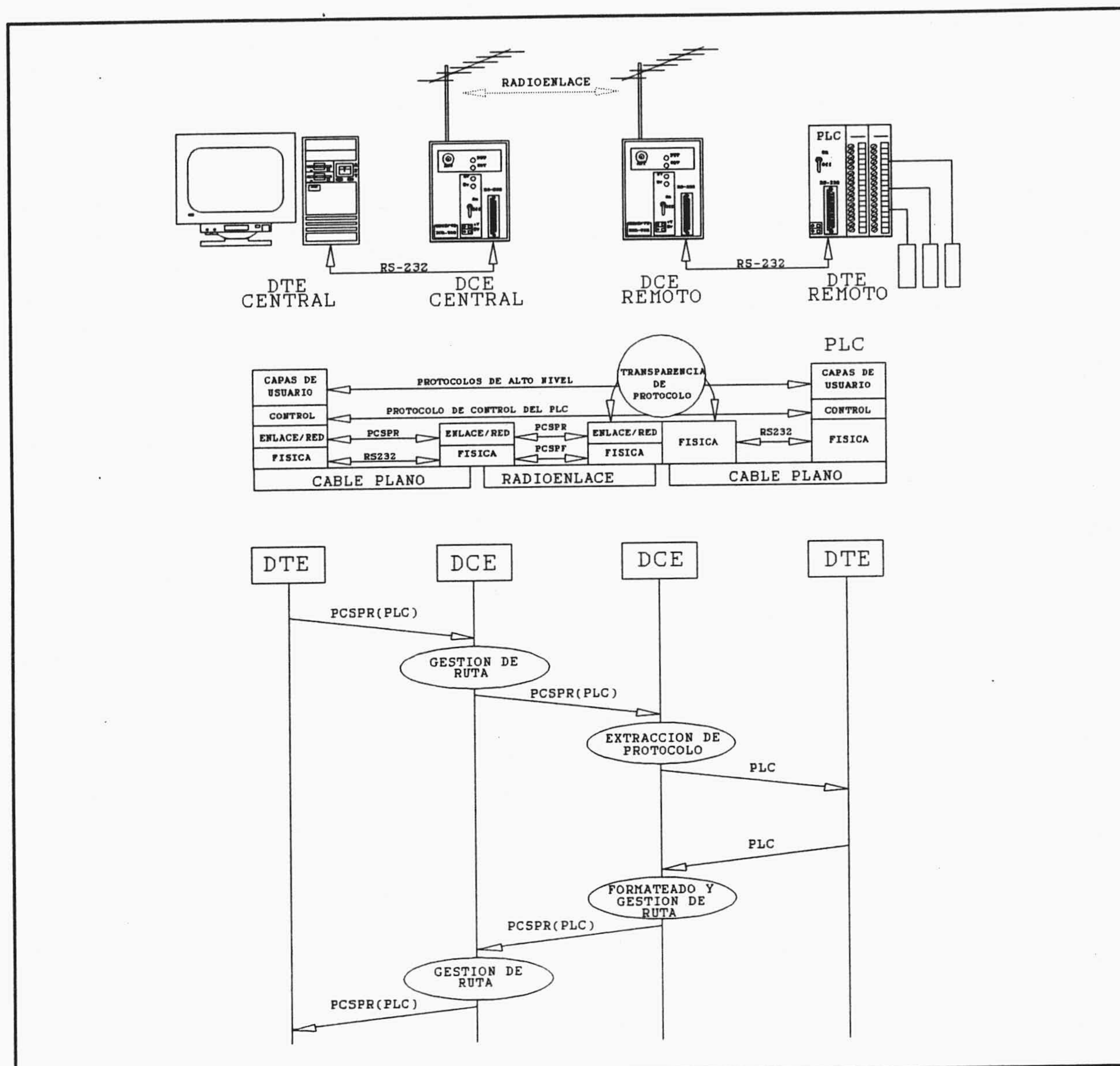


Figura 2.4: Flujo de mensajes para comunicación transparente al protocolo de control.

2.2.4.- La capa de Control

La capa 3, capa de *Control*, se introduce para hacer transparente a las capas superiores los protocolos específicos de comunicación de los sistemas de control en planta (estaciones remotas).

Como ya se ha dicho, la red de comunicaciones diseñada puede soportar una conexión *transparente* a gran parte de los protocolos de control comerciales (Figura 2.4). Para conectar equipos que utilicen un protocolo no adecuado al servicio de conexión transparente

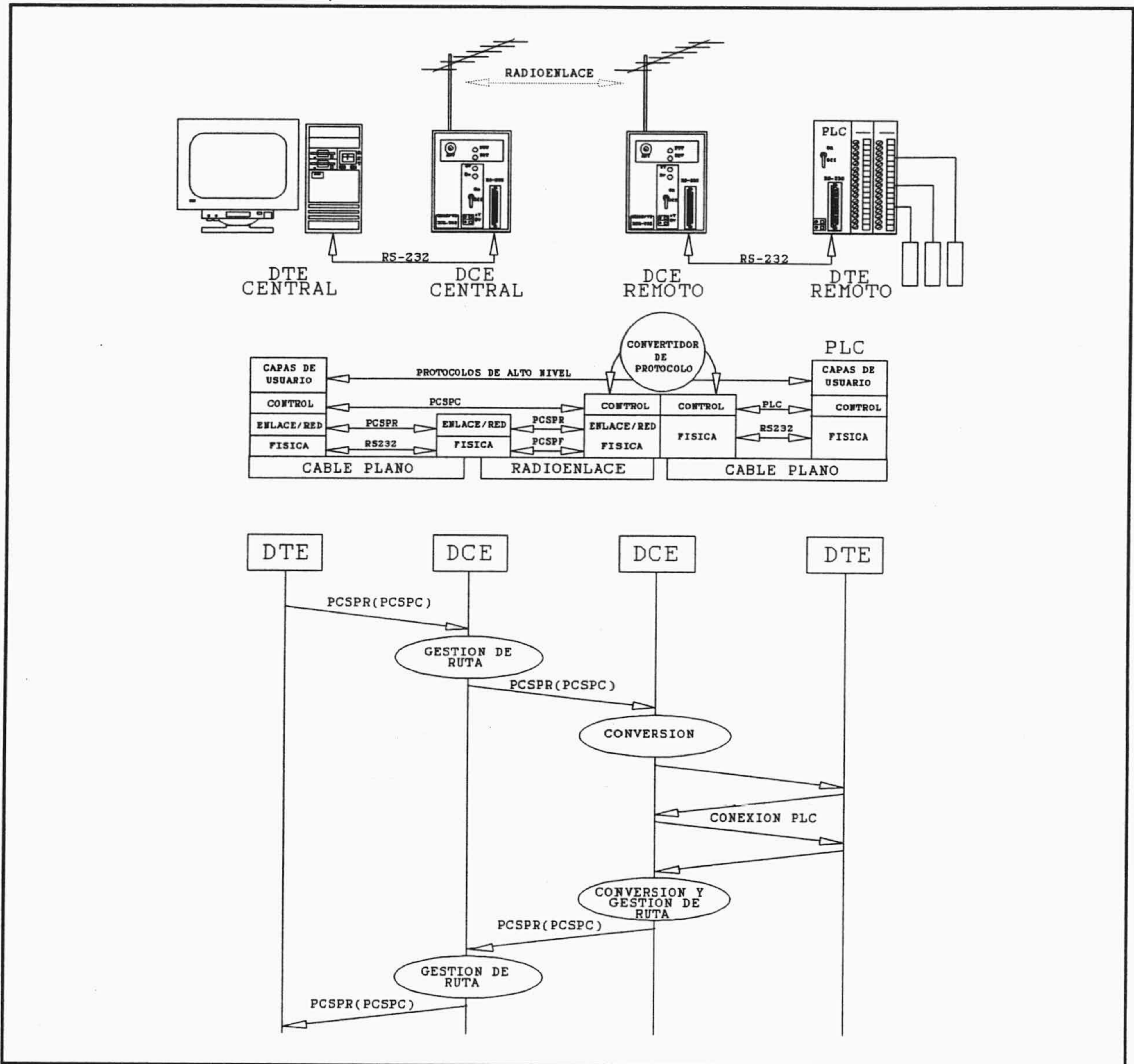


Figura 2.5: Flujo de mensajes para conversión de protocolo (PLC-PCSPC).

de la red (por ejemplo, protocolos con intercambio de gran número de mensajes para el establecimiento de una conexión) se ha diseñado un protocolo de control (PCSPC) que permite realizar, mediante adecuados programas convertidores de protocolo (Figura 2.5), una conexión eficiente. Este protocolo también ha sido utilizado para el control de la tarjeta SPI16 (Figura 2.3).

El uso de un protocolo general en esta capa, independiente de los protocolos de comunicación de los sistemas de control remotos, exige la adopción de un servicio de traducción de protocolo (*convertidor*) en los radiomodems que conectan esos sistemas de

control a la red, actuando los radiomodem en este caso como una pasarelas (*gateways*). Puesto que generalmente el desarrollo de esos convertidores en los radiomodems es más costoso que el correspondiente a la implantación del protocolo en la capa de control sobre el programa **SCADA** de la estación central, la realización de convertidores sólo se ha practicado en aquellos casos en los que los protocolos de control no eran adecuados, por su complejidad, para ser soportados por las conexiones de red, como es el caso de la comunicación con *PLC's* de *SIEMENS* a través de su puerto de programación. El diagrama de flujo de mensajes de la Figura 2.5 muestra como un convertidor permite descargar a la red del tráfico de mensajes correspondiente a la conexión con un *PLC* remoto que disponga de un protocolo de control complicado.

2.2.5.- Protocolo SPIRAL de control: PCSPC

El protocolo de *Control* utilizado por SPIRAL (**PCSPC**) es embebido en el campo de datos de las tramas **PCSPR** (Figura 2.6).

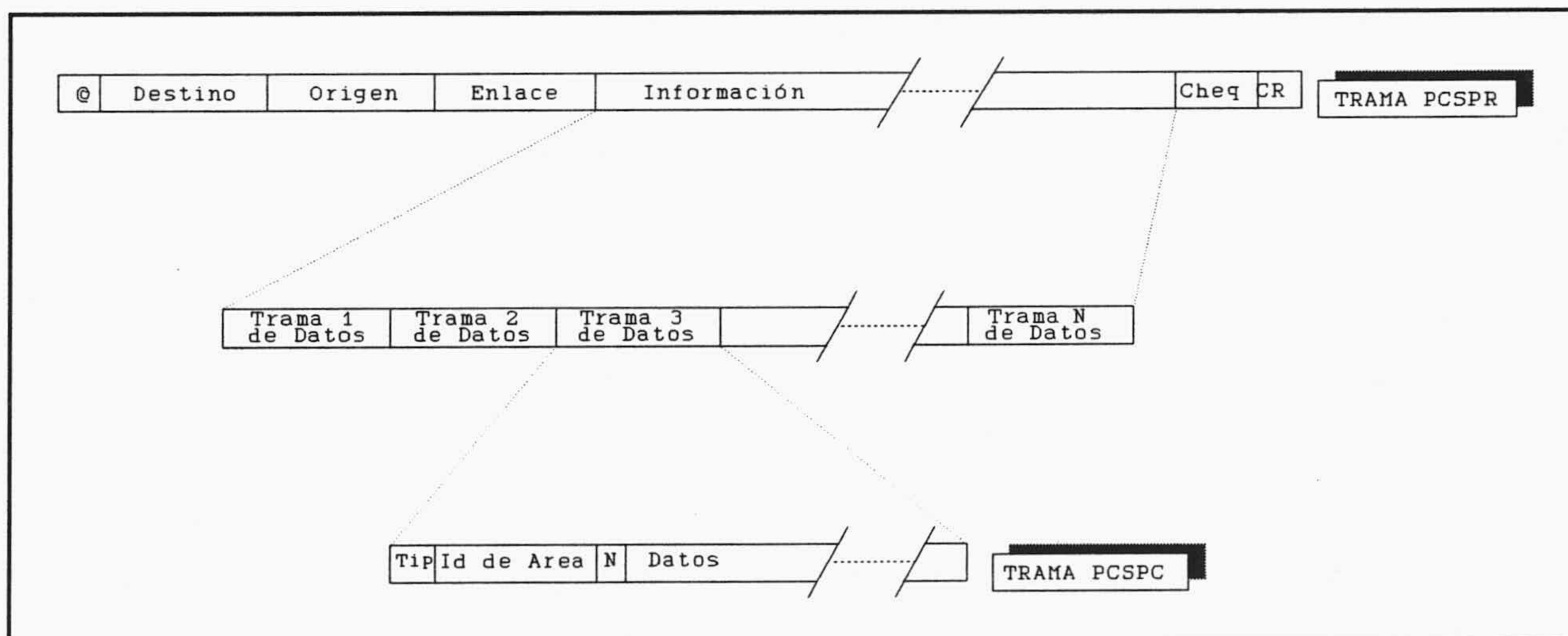


Figura 2.6: Formato de las tramas de datos.

El campo de **INFORMACION** del protocolo **PCSPR** puede contener una o varias tramas concatenadas de acceso a datos internos con el formato de la Figura 2.7:

El campo **Tip**, de un carácter de longitud, es un campo de control que indica el tipo de trama, determinando si se trata de petición de bit, petición de N bytes, escritura de bit, escritura de N bytes, o respuesta a alguna de las anteriores. Más adelante, en esta misma sección, se describen con detalle cada uno de los tipos de trama definidos en el protocolo (Figura 2.7).

Id. de Area identifica la información que se incluye en el campo **Datos**, correspondiendo a la dirección interna, del primer dato referenciado, en el controlador de la estación remota. Es una dirección de 16 bits codificada como cuatro caracteres hexadecimales.

El campo **N** determina el número de bytes, codificado en hexadecimal, para las tramas que hacen referencia a bytes, o el número de bit, también codificado en hexadecimal, referenciado en tramas de acceso a bit. La longitud de este campo será de dos caracteres o de uno según se trate de un número de bytes (256 máximo) o de un identificador de bit (0 a 15) respectivamente.

El campo **DATOS** contiene el valor de escritura o de lectura de los datos. Este campo no aparece en las tramas de petición (tramas **a** y **d** en la Figura 2.7)

Se describen a continuación los distintos tipos de tramas admitidas en el protocolo:

Trama de tipo **R**: petición de un número especificado de bytes (Figura 2.7-a). Se pide una respuesta de tipo **r** con un número de datos **N** consecutivos a partir de la identificación de área especificada.

Trama de tipo **r**: respuesta a la petición de bytes (Figura 2.7-b). En el campo **DATOS** devuelve el valor de los datos especificados.

Trama tipo **W**: escritura de bytes (Figura 2.7-c). El campo **DATOS** contiene el valor de los datos que han de escribirse en el área que se especifica.

Trama de tipo **T**: escritura de bytes y petición de los mismos ya modificados, para poder verificar si la transmisión ha sido correcta.

Trama de tipo **V**: petición del valor de un bit (Figura 2.7-d). Se pide una trama de respuesta del tipo **v** con el valor del bit especificado.

Trama de tipo **v**: respuesta en el campo **DATOS** a la petición de bit (Figura 2.7-e).

Trama de tipo **S**: modificación de un bit (Figura 2.7-f). El bit especificado se modifica con el valor del campo **DATOS**.

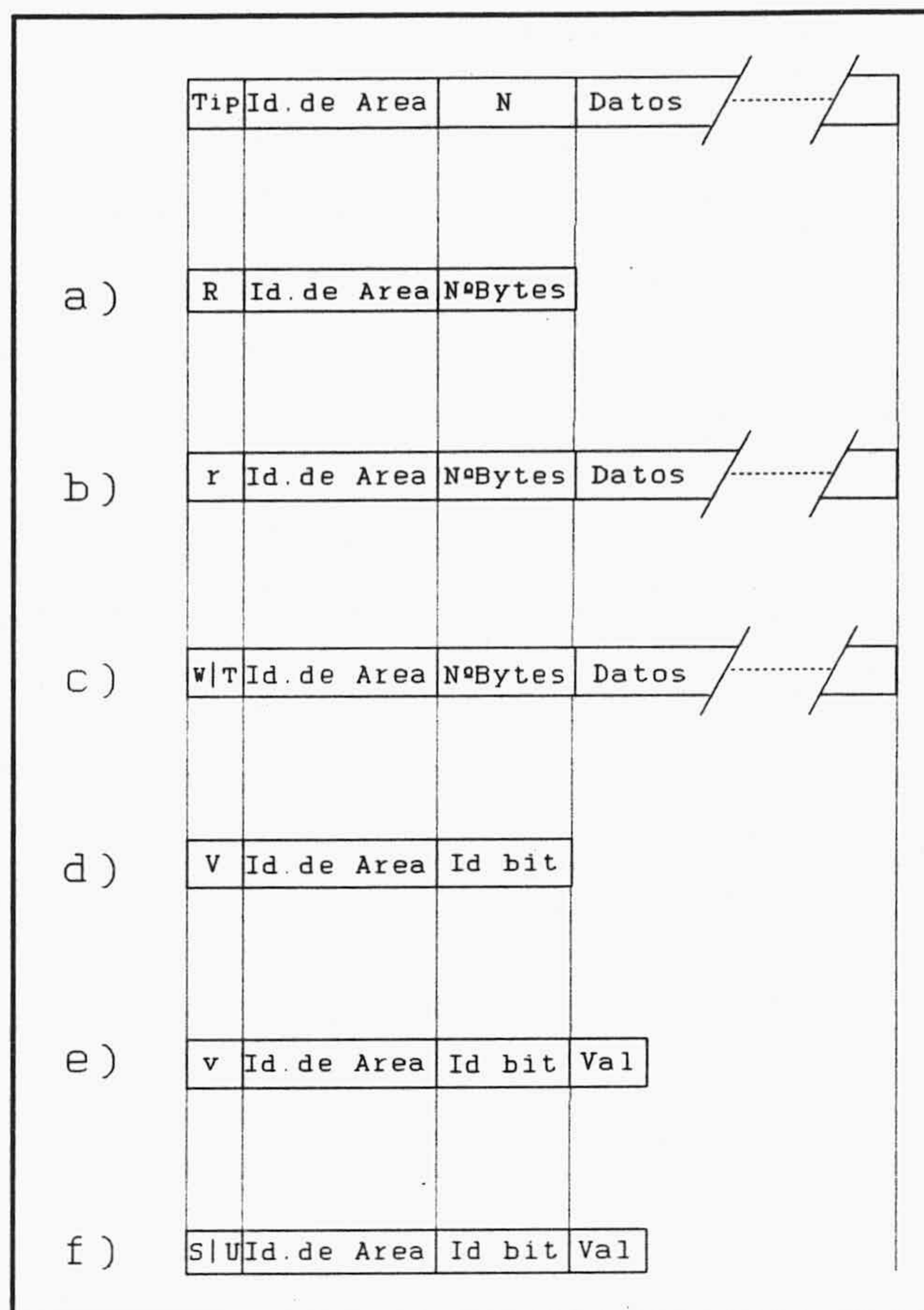


Figura 2.7: Tipos de tramas PCSPC.

Trama de tipo **U**: modificación de un bit y petición de su valor modificado.

2.3.- Capas de Usuario

Solo la estación central y los sistemas de control local de las estaciones remotas están involucrados en las capas de *Transporte* y *Aplicación*. En el Capítulo VII se hace una descripción detallada de los programas de control de supervisión (**SCADA**) desarrollados para gestionar los recursos de la red **SPIRAL** desde la estación central.

La capa 4 (*Transporte*) se encarga de las tareas de multiplexación y sondeo sobre las distintas estaciones remotas, así como de la segmentación en bloques de variables

consecutivas para optimizar el tamaño de los paquetes de datos sobre la red. Además, en esta capa se resuelve la detección de pérdidas de enlace con las estaciones remotas. La capa de transporte ofrece servicios de actualización y forzado de variables.

El propósito de la capa 5 (*Aplicación*) es servir de ventana entre los operadores del sistema y el proceso a supervisar, representado por sus correspondientes entidades de aplicación definidas a partir de un editor de aplicaciones, ofreciendo servicios de animación (representación gráfica), ejecución de ordenes, gestión de alarmas y eventos, registro periódico y funciones de tratamiento matemático de variables, de acuerdo con la configuración de aplicación generada en el edición. Representa, en definitiva, la red tal y como la ve el usuario.

Capítulo III.- Concepción y diseño de la tarjeta de control para estaciones remotas (SPI16)

En este capítulo se hace una descripción general (Sección 3.1) de la tarjeta **SPI16**, desarrollada para ser utilizada como un *Controlador Lógico Programable (PLC)*. A continuación se describen con detalle los diferentes bloques funcionales de los que se compone: el procesador y sistema de supervisión en la Sección 3.2, la selección de dispositivos en la Sección 3, los módulos de memoria en la Sección 3.4, las entradas y salidas, tanto digitales como analógicas, en las secciones 3.5, 3.6 y 3.7, y los interfaces serie (**RS-485** y **RS-232**) en las secciones 3.8 y 3.9 respectivamente.

En el Apéndice A se muestra el esquema completo de diseño de la tarjeta **SPI16**, la distribución de componentes a escala reducida, y los trazados de pistas correspondientes a las caras de componentes y soldaduras, realizados con un paquete de diseño asistido por computador (CAD). Las figuras referenciadas en este Capítulo como "Figura A.x" se refieren a las que aparecen en el Apéndice A.

3.1.- Descripción general

El controlador construido es un microcomputador monoplaca diseñado con diversas posibilidades de control y medida. Está dotado además de tres puertos de comunicación (**COM_L**, **COM_1** y **COM_2**) que permiten una óptima integración en la configuración de sistemas de control distribuido en entornos *CIM*.

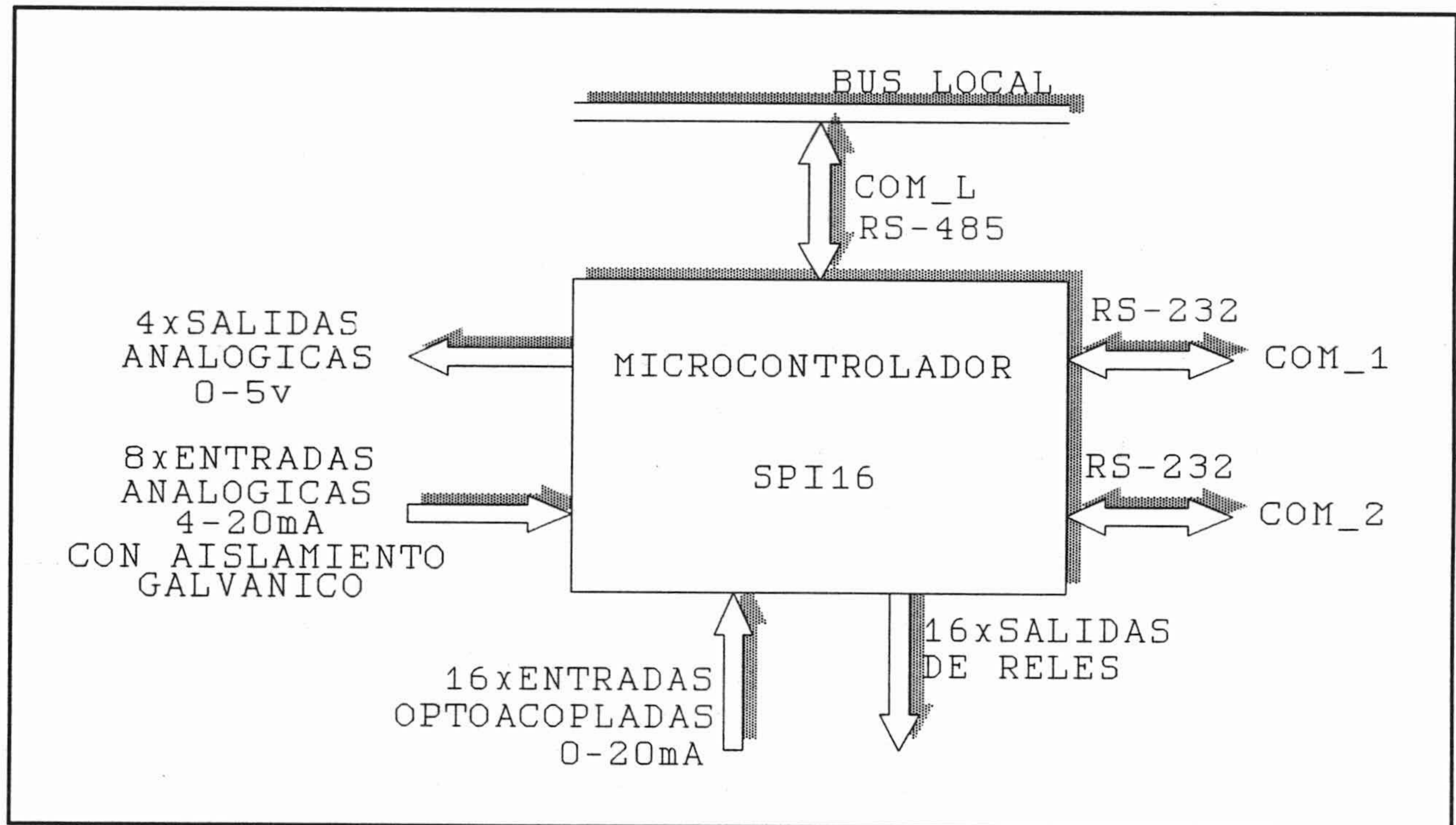


Figura 3.1: Diagrama general de bloques.

La Figura 3.1 representa un diagrama de bloques general del sistema. En el se muestran las distintas posibilidades de control, medida y comunicación que ofrece:

.4 salidas analógicas de 8 bits de resolución en el rango 0-5 V, que permiten el control de parámetros de consigna de actuadores continuos, o su utilización como salidas de control analógico directo en controladores *PID* realizados internamente por programa.

.8 entradas analógicas en corriente (4 a 20 mA) de 8 bits de resolución, aisladas ópticamente, para medida de transmisores analógicos tales como medidores

de nivel, caudal, temperatura, etc. Además pueden ser utilizadas como entradas de realimentación para los controladores *PID* configurados internamente.

.16 salidas de relés que posibilitan la actuación sobre elementos discretos de control para la apertura y cierre de válvulas, arranque y paro de bombas, etc.

.16 entradas optoacopladas para la medida de señales discretas de estado, tales como detección de intrusos, estado de válvulas, bombas, etc.

.2 puertos de comunicación serie (COM_1 y COM_2) con interfaz normalizado **RS_232 (V.24)** que dotan al sistema de amplias posibilidades de interconexión con diversos dispositivos de medida y control (controladores lógicos programables, *PID*, etc.), y permiten la monitorización del proceso bajo programas *SCADA*.

.Un puerto de comunicación serie (COM_L) con un interfaz normalizado **RS_485** que amplía las posibilidades del sistema al permitir configurar con él una red local de módulos de control. El interfaz admite la interconexión de hasta 32 tarjetas sin repetidor, sobre un par de hilos trenzados, y hasta una distancia de 1500 metros a 9600 baudios.

La Figura 3.2 representa un diagrama de bloques detallado de la estructura de la tarjeta **SPI16** donde se muestran los distintos módulos que la componen y que se relacionan a continuación:

.CPU, constituida por el microprocesador HD63B09 de 8 bits, (versión CMOS del MC6809).

.Bloque de decodificación de direcciones para selección de dispositivos.

.8 o 32 KBytes de memoria RAM estática CMOS, para ser usada como memoria pila del procesador y para almacenamiento de datos del programa.

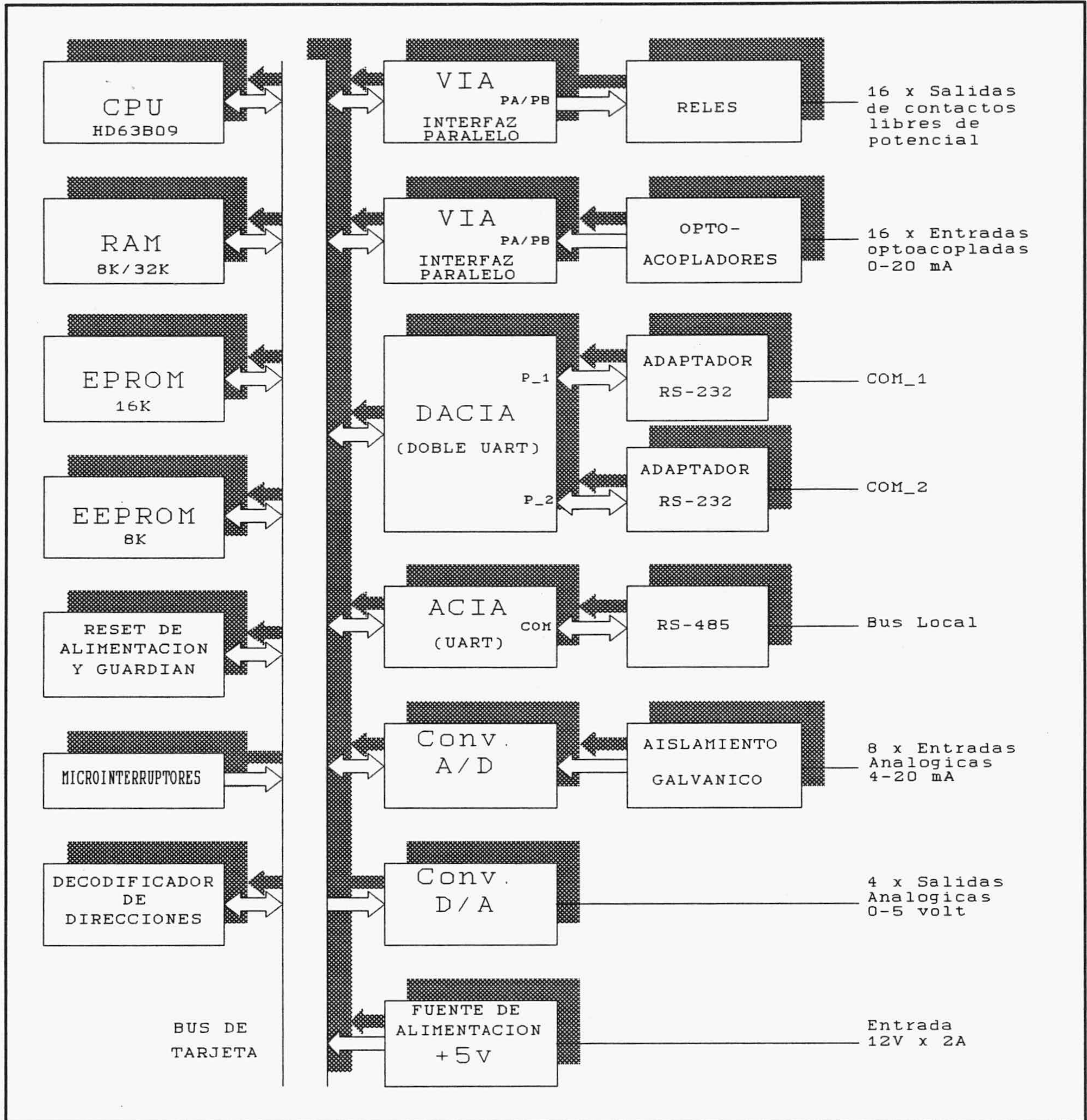


Figura 3.2: Diagrama de bloques detallado de la tarjeta SPI16.

.16 KBytes de memoria EPROM CMOS para almacenamiento del código de programa.

.8 KBytes de memoria EEPROM para parámetros de configuración y programas de aplicación.

.Sistema de inicialización y supervisión (*reset* de alimentación y guardián), basado en el C.I. DS1232.

.Juego de 8 microinterruptores para fijar parámetros de configuración por defecto.

.Adaptador de interfaz paralelo (VIA 65C22 CMOS) para salidas de relés. Adicionalmente dispone de dos temporizadores programables de 16 bits.

.Módulo de 16 relés y sus excitadores correspondientes.

.Adaptador de interfaz paralelo (VIA 65C22 CMOS) para entradas digitales. Con este circuito integrado se dispone, al igual que con el interfaz de relés, de otros dos temporizadores programables.

.Módulo de 16 entradas digitales optoacopladas.

.Doble interfaz serie asíncrono basado en la doble UART 65C52 CMOS para los dos puertos RS-232.

.2 módulos de adaptación de niveles eléctricos TTL \leftrightarrow RS-232.

.Interfaz serie asíncrono basado en la UART 65C51 CMOS, para comunicaciones a través del Bus Local.

.Adaptador TTL \leftrightarrow RS-485 para el Bus Local (DS3696).

.Módulo de conversión A/D de 8 bits para 8 canales, basado en el ADC0808.

.Módulo de 8 amplificadores de aislamiento para entradas analógicas.

.Módulo de conversión D/A de 8 bits para 4 canales, basado en el AD7226.

.Regulador lineal de tensión para generar la alimentación de 5V (7805).

En las siguientes secciones se describen con más detalle aquellos subsistemas que por sus características merecen un análisis más detenido.

3.2.- La CPU y el sistema de supervisión

Como CPU se ha utilizado una versión CMOS (HD63B09) del microprocesador de 8 bits MC6809. Es compatible con todos los interfaces disponibles de la familia M6800 presentando una arquitectura notablemente mejorada en cuanto a su juego de instrucciones, modos de direccionamiento y registros internos (incluye registros adicionales de 16 bits). Todo ello, unido a la existencia de una versión CMOS hace de él uno de los microprocesadores de 8 bits de mejores prestaciones para aplicaciones de control. Posee un oscilador interno sobre el que se conecta externamente un cristal de cuarzo resonante de 4MHz para generar un ciclo de operación de 1 μ seg.

El uso de dispositivos de *reset* guardián en sistemas microprocesadores de funcionamiento permanente es imprescindible, pues en caso de que se produzca un bloqueo del sistema (por pérdida del lazo principal debido a ruidos electromagnéticos, corte de energía eléctrica, etc.), el dispositivo de supervisión provocará un *reset* general, reiniciándose de nuevo todo el proceso.

Como circuito de supervisión se ha empleado un circuito integrado *DS1232*. Dispone de un sistema de monitorización de alimentación que reinicializa el sistema al conectarse la alimentación o producirse bajadas o fallos en esta. Además incorpora un sistema de *reset* guardián para provocar una reinicialización en caso de producirse fallos de ejecución de programa, detectados por el transcurso de un período de tiempo del orden de 1 segundo sin

que el programa actúe sobre la entrada de inhibición. El circuito dispone también de una entrada de pulsador para provocar la reinicialización (*reset*) manualmente.

La inhibición del *reset* guardián deberá ser ejercida periódicamente a intervalos no superiores a *0.25 segundos* y condicionada al resultado de un proceso general de comprobación distribuida en el programa principal (ver el Capítulo V de descripción del programa de la tarjeta **SPI16**). La pérdida del lazo principal o la detección de estados anómalos de funcionamiento del programa debe detener los accesos de inhibición al sistema de supervisión, provocando este la activación de la línea de reinicialización (**RESET**) durante un intervalo de *0.25 segundos* y desactivándola seguidamente durante un período de tiempo similar. Si las condiciones de fallo permanecen volverá a actuar de la misma forma reiteradamente, hasta el restablecimiento de la normalidad.

La Figura A.2 muestra el esquema de diseño del procesador y del circuito de inicialización y supervisión.

3.3.- Distribución del espacio de memoria

El bus de la CPU posee un sub-bus de direcciones de 16 bits, con el que se pueden direccionar un total de 64 KBytes. Este espacio o mapa de direccionamiento se ha distribuido entre los distintos dispositivos en la forma representada por la Tabla III.1. En la primera columna aparece la señal de selección de dispositivo generada por el módulo decodificador de direcciones (Figura A.1). La segunda y tercera columna muestra el dispositivo al que se accede y la entrada activada. La cuarta columna identifica el subespacio de direcciones asociado a la señal de selección, la cual se activará sobre ese subespacio durante los ciclos de bus indicados en la última columna. Para la selección de la VIA 1 y de la VIA 2 se utiliza una misma señal (**CSVIAS**) junto con la línea de direcciones A_{10} y su complementaria,

aprovechando la existencia de las dos líneas de selección disponibles en cada VIA para simplificar la decodificación (ver esquema de la Figura A.4).

SEÑAL DE SELECCION	DISPOSITIVO	FUNCION ACTIVADA	SUBESPACIO ASOCIADO	CICLO ASOCIADO
CSRAM	RAM	$\overline{\text{CE/OE}}$	0000-7FFF	TODOS
CSDACIA	DACIA	$\overline{\text{CS}}$	8000-83FF	LECTURA/ESCRIT.
AD_START	CONVERTIDOR AD	ALE/START	8400-85FF	ESCRITURA
AD_OE		OE		LECTURA
DA_WR	CONVERTIDOR DA	$\overline{\text{WR}}$	8600-87FF	ESCRITURA
CSWATCH	RESET GUARDIAN	$\overline{\text{ST}}$		LECTURA
CSSW	MICROINTERRUPT.	$\overline{\text{G}}$	8800-8FFF	TODOS
CSVIAS $\overline{\text{A}}_{10}$ y A_{10}	VIA 1 (OPTO)	$\overline{\text{CS1}}$ y $\overline{\text{CS2}}$	9000-93FF	TODOS
	VIA 2 (RELES)	$\overline{\text{CS1}}$ y $\overline{\text{CS2}}$	9400-97FF	TODOS
CSUART	UART	$\overline{\text{CS1}}$	9800-9FFF	TODOS
CSEEPROM	EEPROM	$\overline{\text{CE}}$	A000-BFFF	TODOS
WEEPROM		$\overline{\text{WE}}$		ESCRITURA
OEEPROM		$\overline{\text{OE}}$	0000-FFFF	$\overline{\text{R/W}}$
CSEEPROM	EPROM	$\overline{\text{OE/CE}}$	C000-FFFF	TODOS

Tabla III.1. Asignación del espacio de memoria.

3.4.- Subsistema de memoria

Como se ha mencionado, la tarjeta **SPI16** dispone de 16 KBytes de memoria EPROM (programable, de solo lectura y borrable con radiación U.V.), 8 Kbytes de EEPROM (reprogramable eléctricamente) y 8 o 32 KBytes de memoria RAM estática (Figura A.3).

Como memoria EPROM se emplea un circuito integrado CMOS 27C128 de 128 Kbits organizado en palabras de 8 bits (16K x 8). Puede sustituirse por un 27C64 de 64 Kbits (8K x 8), direccionándose en el rango E000-FFFF.

Para la memoria EEPROM se ha empleado el circuito CMOS 28C64 de 64 Kbits organizado en palabras de 8 bits (8K x 8), que permite realizar un mínimo de 10.000 ciclos de borrado y escritura por byte. El modo de operación para lectura y escritura es similar al de una memoria RAM, disponiendo de circuitos internos de control para realizar un preborrado automático de la posición sobre la que se desea escribir, y una posterior verificación. Dispone de un sistema eficaz de reconocimiento de *escritura completa* consistente en devolver durante el ciclo de escritura, en sucesivas lecturas del dato escrito, el bit más significativo complementado. Al finalizar el ciclo, el dato será leído correctamente (bit más significativo sin complementar). Además, el circuito opera con diversas protecciones contra escrituras accidentales: protección de datos frente a ruido o pulsos cortos sobre la señal de control de escritura WE, y protección para niveles de alimentación bajos y durante transiciones en la alimentación.

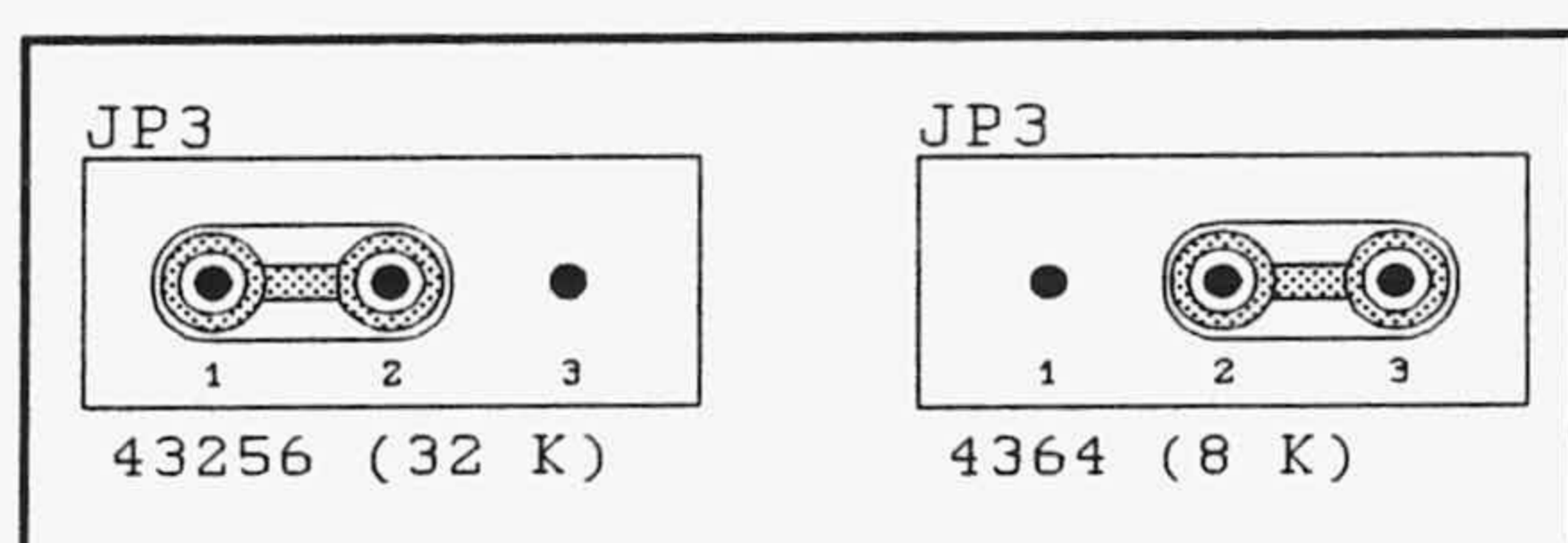


Figura 3.3: Elección de la RAM.

El circuito de memoria RAM empleado es un 43256 CMOS de 256 Kbits organizados en palabras de 8 bits (32K x 8). También se puede usar un 4364 de 8 KBytes. Dependiendo del circuito elegido debe configurarse la tarjeta sobre

el selector **JP3** tal como se representa en la Figura 3.3.

3.5.- Entradas digitales

En la Figura 3.4 se representa un esquema del acoplo óptico utilizado para las entradas digitales. La resistencia R en paralelo con el diodo LED del optoacoplador permite definir la corriente de entrada para la cual se produce el cambio en el estado de salida del transistor ($i_{In/Conmutación}$). Para la corriente de entrada se tiene:

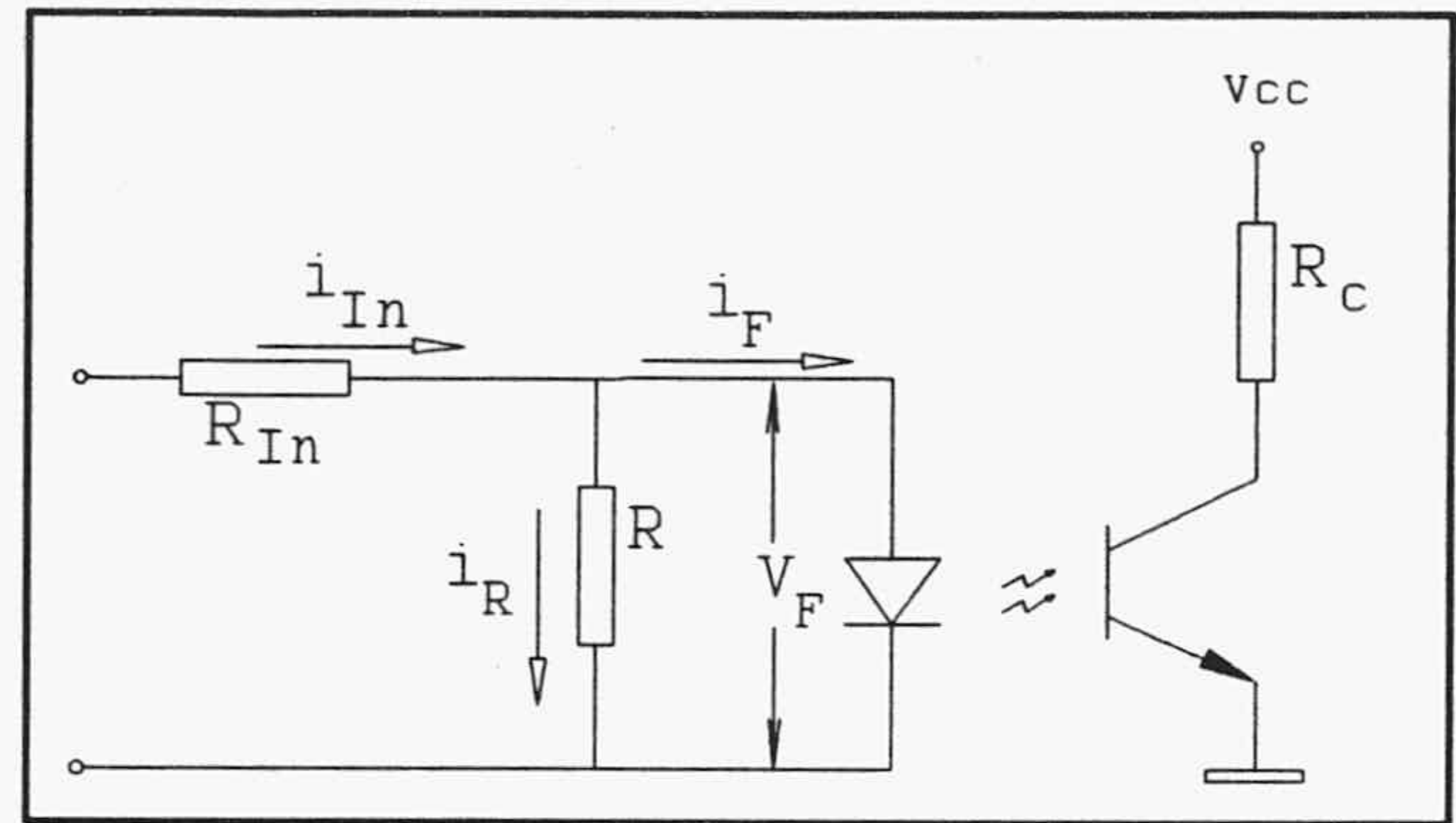


Figura 3.4: Optoacoplo de entradas digitales.

$$i_F = i_{In} - i_R = i_{In} - \frac{V_F}{R}$$

Para corrientes i_F apreciables la tensión V_F en el diodo se hace próxima a una V_{Fmax} de forma que se puede aproximar la ecuación en dos tramos:

$$\left. \begin{aligned} i_F |_{V_F < V_{Fmax}} &\approx 0 \\ i_F |_{V_F \sim V_{Fmax}} &\approx i_{In} - \frac{V_{Fmax}}{R} \end{aligned} \right\}$$

de forma que para V_F menor que V_{Fmax} el fototransistor estará en corte, entrando en saturación al aproximarse V_F a V_{Fmax} , lo que ocurrirá para una corriente de entrada dada por la expresión:

$$i_{In | Conmutación} \approx \frac{V_{Fmax}}{R}$$

Elegimos una corriente de conmutación de 10 mA , y teniendo en cuenta que la tensión directa del diodo en conducción es $V_{Fmax} = 1.2\text{ V}$. Substituyendo estos valores en la ecuación anterior se obtiene un valor para R de:

$$R = \frac{V_{Fmax}}{i_{In|Conmutación}} = \frac{1.2\text{ V}}{10 \times 10^{-3}\text{ A}} = 120\ \Omega$$

La Figura 3.5 muestra la curva de respuesta de la tensión de colector (V_c) frente a la corriente de entrada (i_{in}) para una entrada digital.

El esquema de diseño de los optoacopladores de entradas digitales se reproduce en la Figura A.5 y en la Figura A.6.

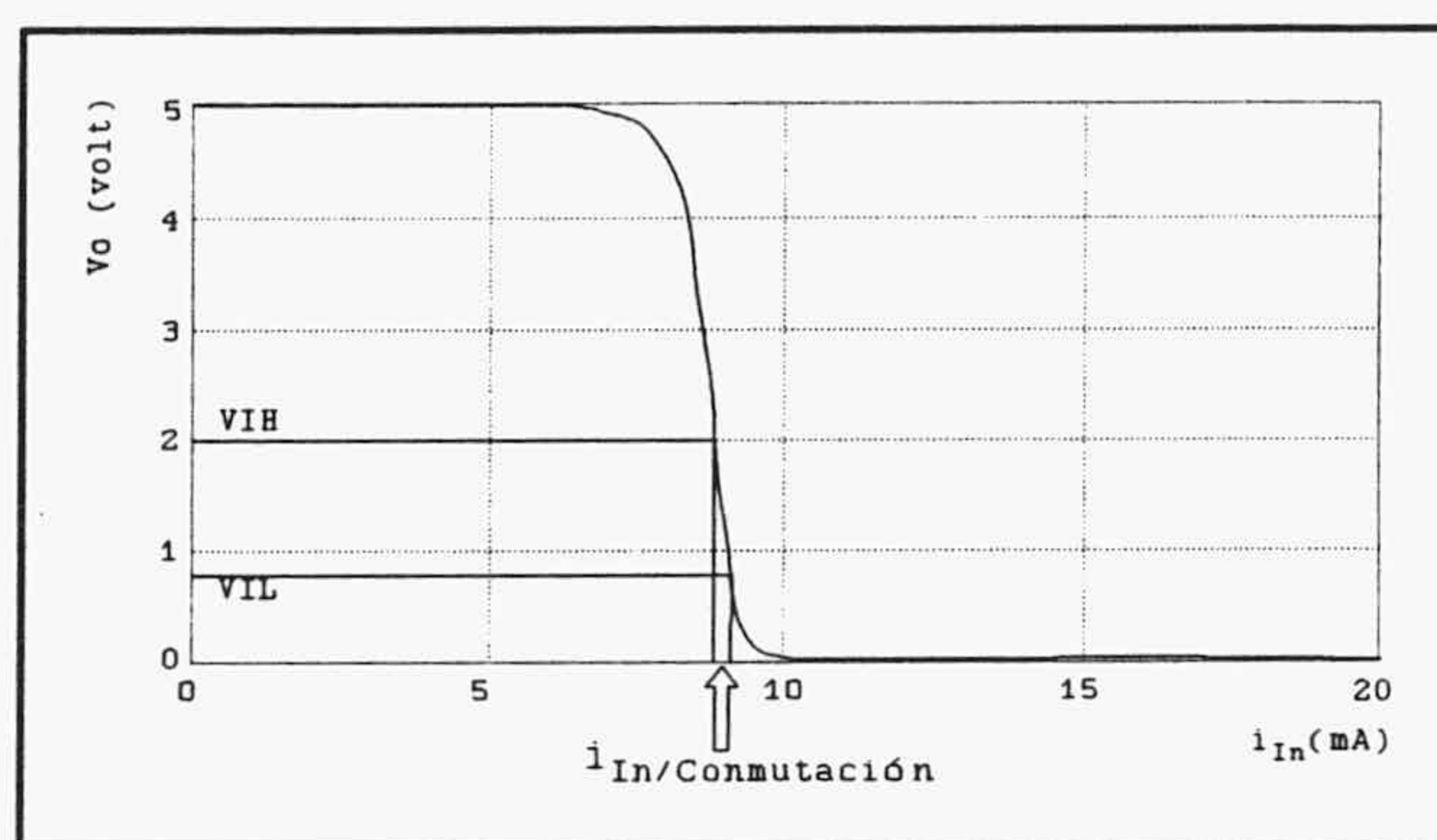


Figura 3.5: V_o vs. i_{in} .

3.6.- Entradas analógicas

La tarjeta **SPI16** dispone de 8 entradas analógicas de 8 bits con aislamiento galvánico independiente. La Figura 3.6 muestra un diagrama de bloques del sistema de conversión.

Como convertidor A/D se ha empleado un C.I. ADC0808 (Figura A.13). Es un convertidor A/D integrado de 8 bits que incluye un multiplexor analógico de entrada para 8 canales y un sistema de muestreo y retención (*Sample & Hold*). Dispone de señales de entrada de selección de canal y de inicio de conversión, y una salida indicando el final de

conversión que ha sido conectada a la entrada de control CA1 de la VIA de relés para disponer de la posibilidad de utilizar un servicio de interrupción de conversión completa.

El circuito necesita dos referencias externas de tensión (V_{ref}^+ y V_{ref}^-) que determinan el rango de entrada del convertidor. Para V_{ref}^+ se utiliza la referencia integrada de 5 voltios (REF02), con un ajuste fino sobre el potenciómetro POT_2 . La referencia V_{ref}^- se obtiene a partir de V_{ref}^+ a través de un seguidor de tensión realizado con un A.O. LM10, ajustándose con el potenciómetro POT_3 al valor de 1 voltio, de forma que, como se verá a continuación, el límite inferior del rango coincida con una entrada de 4-20 mA sobre el circuito de aislamiento.

La importancia del aislamiento galvánico se justifica por la necesidad de proteger los sistemas de control de las posibles descargas indeseables originadas en los entornos industriales, o por manipulación indebida de las entradas.

Los esquemas de diseño de los circuitos de amplificación de aislamiento para las entradas analógicas de la tarjeta se reproducen en la Figura A.11 y Figura A.12, y la Figura 3.7 muestra un esquema detallado del circuito empleado.

El amplificador de aislamiento ha sido diseñado para una entrada en corriente de 4-20 mA normalizada y una salida en tensión adecuada al sistema de conversión A/D empleado.

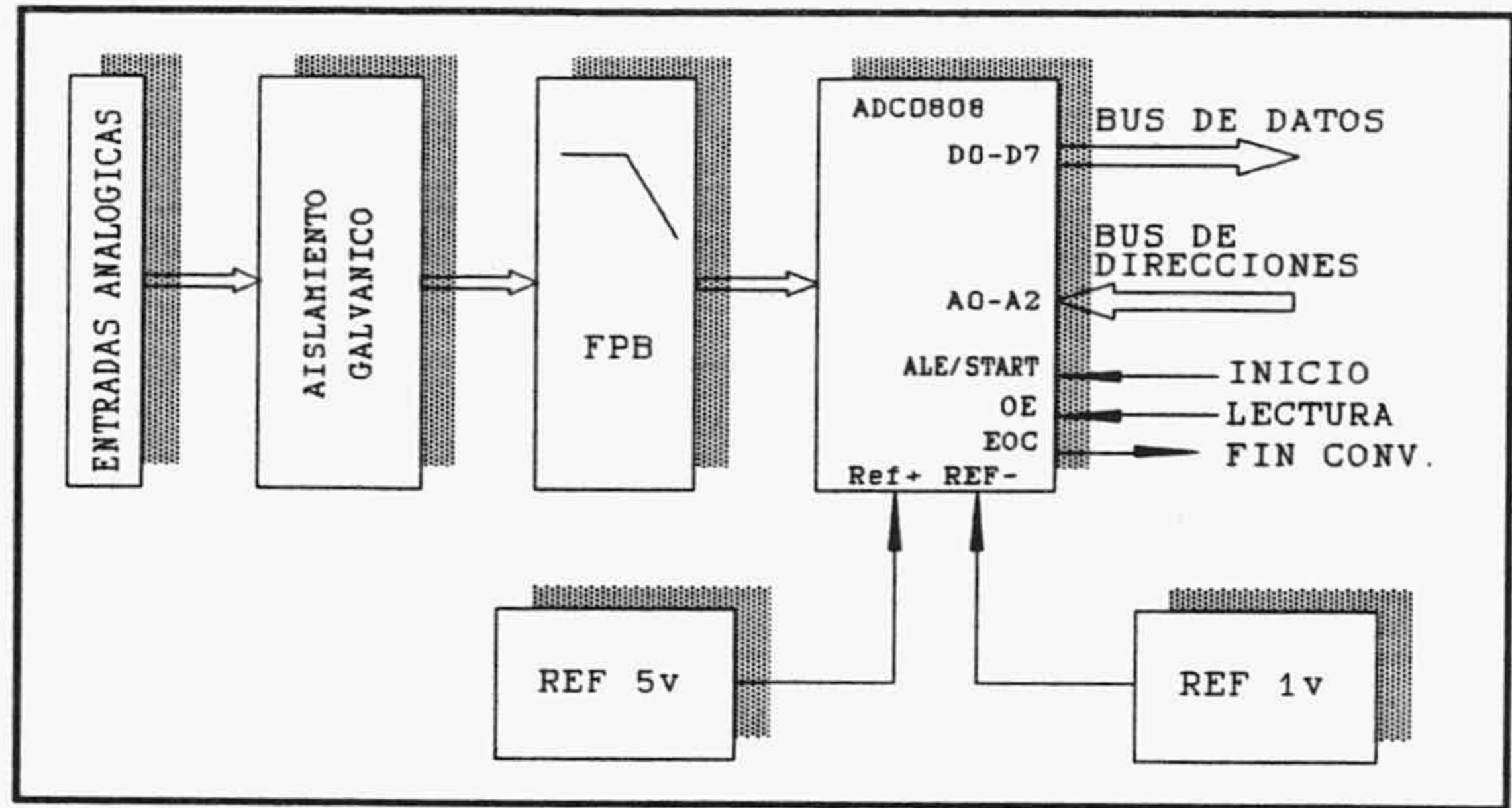


Figura 3.6: Diagrama de bloques de la conversión A/D.

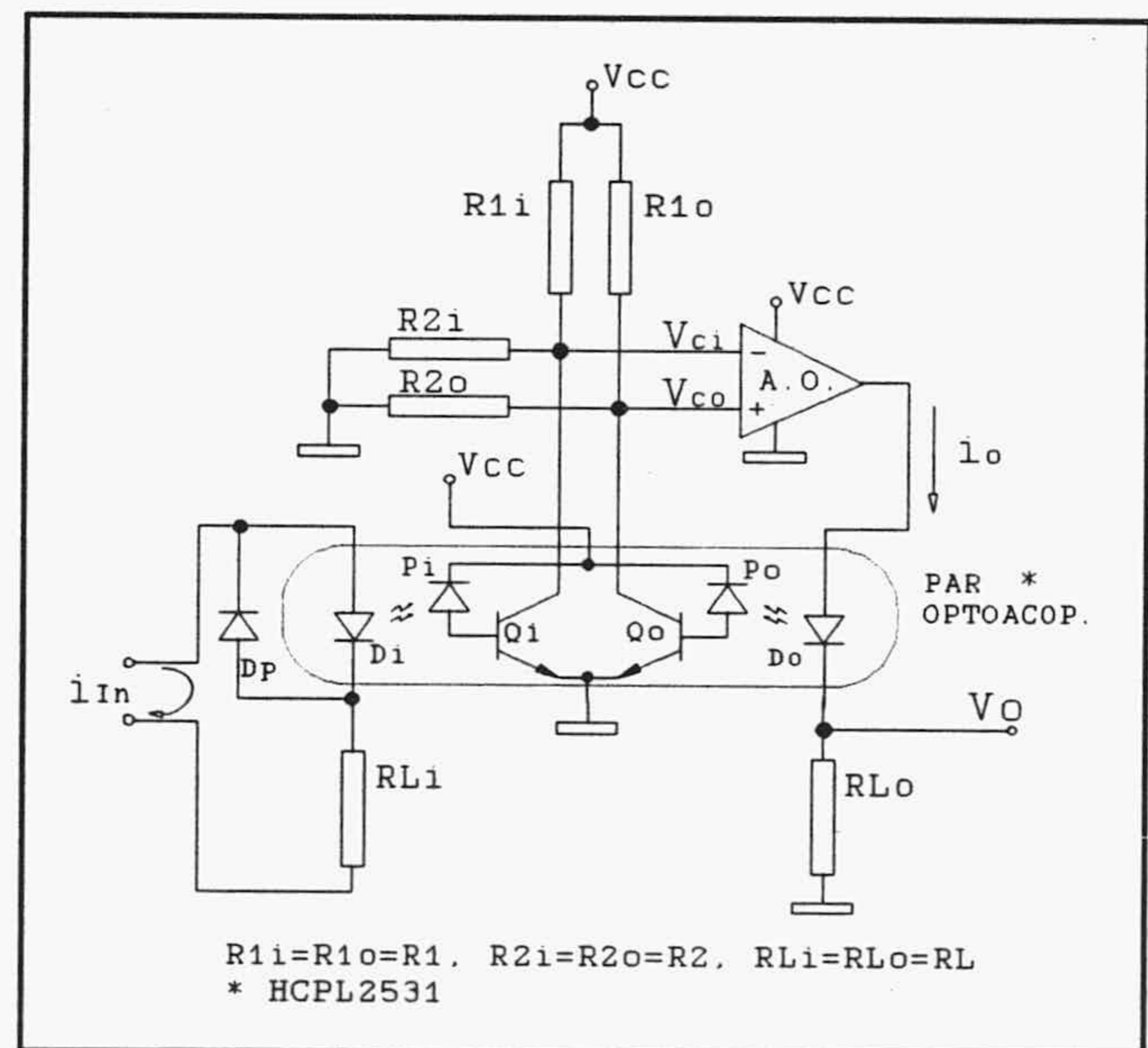


Figura 3.7: Amplificador de aislamiento.

El amplificador está basado en una configuración simétrica de dos acoplos ópticos encapsulados conjuntamente de forma que su comportamiento sea semejante. Además, el empleo de un mismo encapsulado ofrece un acoplamiento térmico entre los dos circuitos que hace despreciable los efectos de las derivas térmicas. El amplificador diseñado presenta una ventaja adicional, sobre otros similares ([Tor 87] y [Won 91]), que consiste en el empleo de un circuito de entrada totalmente pasivo.

El acoplo D_o - Q_o actúa como realimentación negativa del Amplificador Operacional, de forma que este inyecta una corriente $i_o = i_{in}$ que iguala la tensión de colector de Q_o con la de Q_i . En estas condiciones se tiene que:

$$V_o = i_{In} \times R_{Lo}$$

El rango de entrada del convertidor A/D queda determinado por las tensiones de referencia V_{ref}^- y V_{ref}^+ , y deberá corresponder al rango de la entrada. Para el límite superior del rango se tiene:

$$V_{ref}^+ = V_o^+ = V_o |_{i_{In}=i_{In}^+} = i_{In}^+ \times R_{Lo}$$

Para una tensión de referencia $V_{ref}^+ = 5 V$ y teniendo en cuenta que el límite superior del rango de entrada i_{in}^+ es $20 mA$, se tiene:

$$R_{Lo} = \frac{V_{ref}^+}{i_{In}^+} = \frac{5V}{20 \times 10^{-3} A} = 250 \Omega$$

Obteniéndose para la tensión de referencia V_{ref}^- :

$$V_{ref}^- = i_{In}^- \times R_{Lo} = 4 \times 10^{-3} A \times 250 \Omega = 1V$$

Las resistencias R_1 ($R_1 = R_{1i} = R_{1o}$) y R_2 ($R_2 = R_{2i} = R_{2o}$) determinan una recta de polarización para los transistores expresada por:

$$i_c = \frac{V_{cc}}{R_1} - \frac{R_1 + R_2}{R_1 \times R_2} \times V_c$$

R_1 se determina fijando el punto para el que $V_c = 0$, obteniéndose:

$$R_1 = \frac{V_{cc}}{i_c|_{V_c=0}}$$

y de la condición impuesta en $i_c = 0$ se obtiene para R_2 la expresión:

$$R_2 = \frac{V_c|_{i_c=0}}{V_{cc} - V_c|_{i_c=0}} \times R_1$$

Estas limitaciones se eligen de forma que en el rango de entrada para i_F de 4-20 mA se obtenga un margen para V_c que se aproxime al de entrada del amplificador operacional. Teniendo esto en cuenta, en la Figura 3.8 se ha trazado la recta de polarización adecuada para una $V_{cc} = 12$ V, que impone los límites:

$$\left. \begin{aligned} V_c|_{i_c=0} &= 11\text{ V} \\ i_c|_{V_c=0} &= 5\text{ mA} \end{aligned} \right\}$$

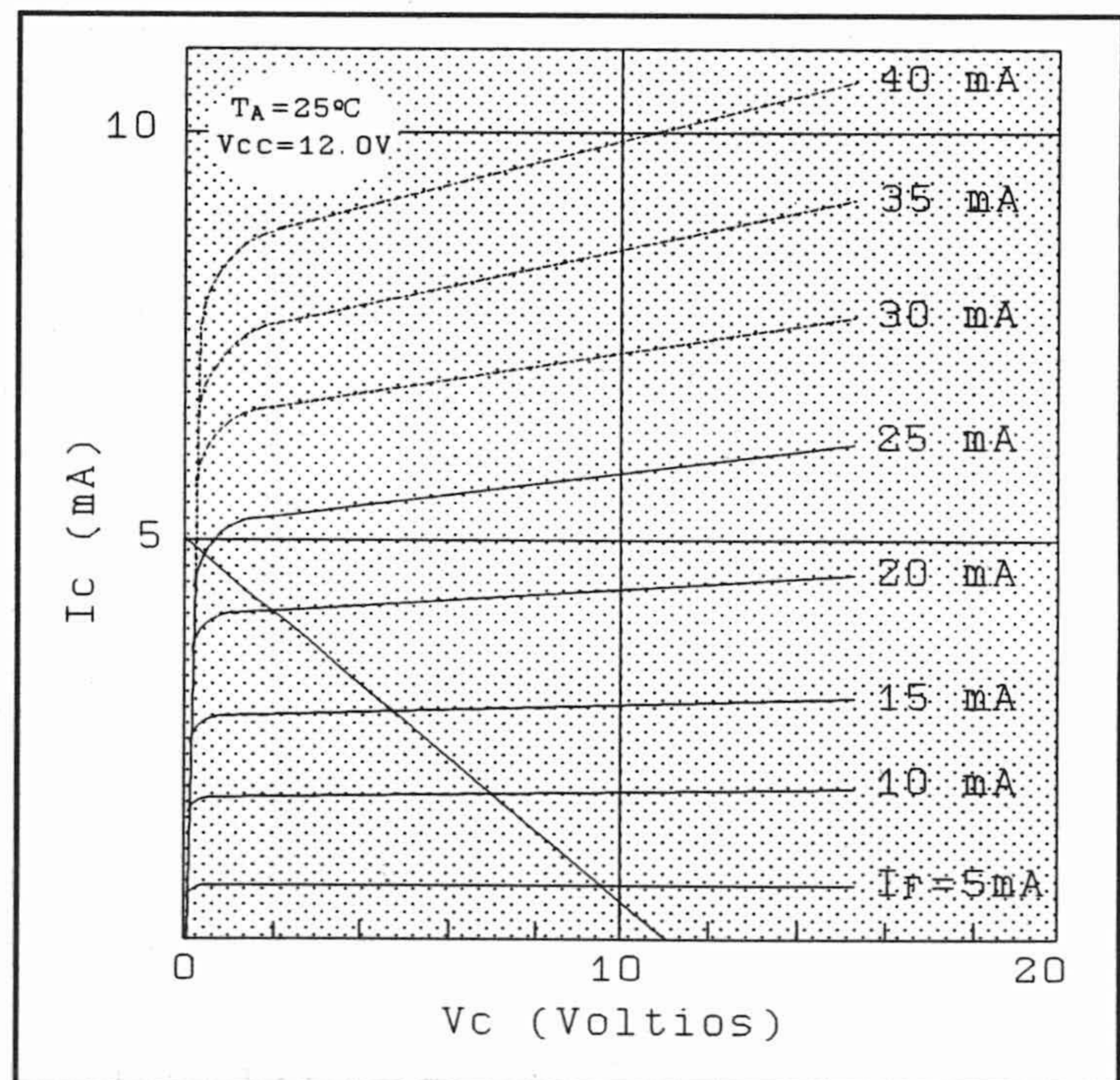


Figura 3.8: I_c vs. V_c . Recta de polarización de Q_i y Q_o .

Sustituyendo estos valores en las expresiones obtenidas para R_1 y R_2 , se obtiene:

$$\left. \begin{array}{l} R_1 = 2.4 \text{ K}\Omega \\ R_2 = 24 \text{ K}\Omega \end{array} \right\}$$

3.7.- Salidas de relés

Los dos puertos paralelo del VIA de relés (Figura A.4) se usan como salidas de estado para la activación de los circuitos excitadores, y deberán ser programados como salidas en la inicialización del sistema.

El diseño de los circuitos de relés y excitadores se ha realizado según los esquemas de la Figura A.7 y Figura A.8.

Para la excitación de las bobinas de los relés se emplean transistores *Darlington* encapsulados en dos circuitos integrados de ocho transistores cada uno (ULN2803). Incorporan en el mismo encapsulado los diodos de protección para absorber las extracorrientes inversas de apertura originadas en la bobina del relé.

Para asociar el estado de reposo de los relés con el nivel alto de inicialización de los puertos paralelo se han incluido circuitos inversores (74HC540) a la entrada de los transistores de excitación.

3.8.- El Bus Local

Para la comunicación serie a través del puerto RS-485 se emplea una UART (interfaz de comunicación serie asíncrona) CMOS 65C51 (Figura A.10), que incluye distintas líneas de control definidas en las especificaciones RS-232 (*DTR*, *RTS*, *DCD*, *RTS* y *CTS*). Permite programar diversos parámetros de comunicación tales como paridad, n° de bits de parada (STOP), longitud de carácter y velocidad en baudios.

La adaptación a RS-485 se realiza con un circuito integrado DS3696. Dispone de una línea de activación del modo de transmisión (**RE/DE**) que se controla a través de la línea *RTS* de la UART. Para gestionar el acceso al canal, el circuito incluye un sistema de detección de colisiones que activa la línea **LF**. Esta salida ha sido conectada a la señal *CTS* de la UART para posibilitar el uso de técnicas CSMA/CD (*Acceso Múltiple por Detección de portadora con Detección de Colisiones*) de acceso al bus local.

3.9.- Los interfaces RS-232

Como interfaz de comunicación para los puertos RS-232 se ha utilizado un circuito integrado CMOS 65C52 (Figura A.9) consistente en una doble UART (DACIA) que, al igual que la UART empleada para el puerto RS-485, dispone de las líneas de control *DTR*, *DSR*, *RTS*, *CTS* y *DCD*. La adaptación de niveles para cada puerto se realiza con un circuito MAX238, que incluye las fuentes DC-DC internas necesarias para la adaptación, de forma que sólo necesita una única fuente de alimentación de 5 voltios.

Para proteger los adaptadores de posibles descargas originadas en entornos muy ruidosos, o por retornos a través de las líneas de comunicación debido a conexiones defectuosas de puesta a tierra de los sistemas, se ha previsto la limitación de tensión en todas

las líneas de los puertos RS-232 con una pareja de diodos zener en oposición. La limitación se realiza a 10 voltios sobre las salidas y a 27 voltios sobre las entradas.

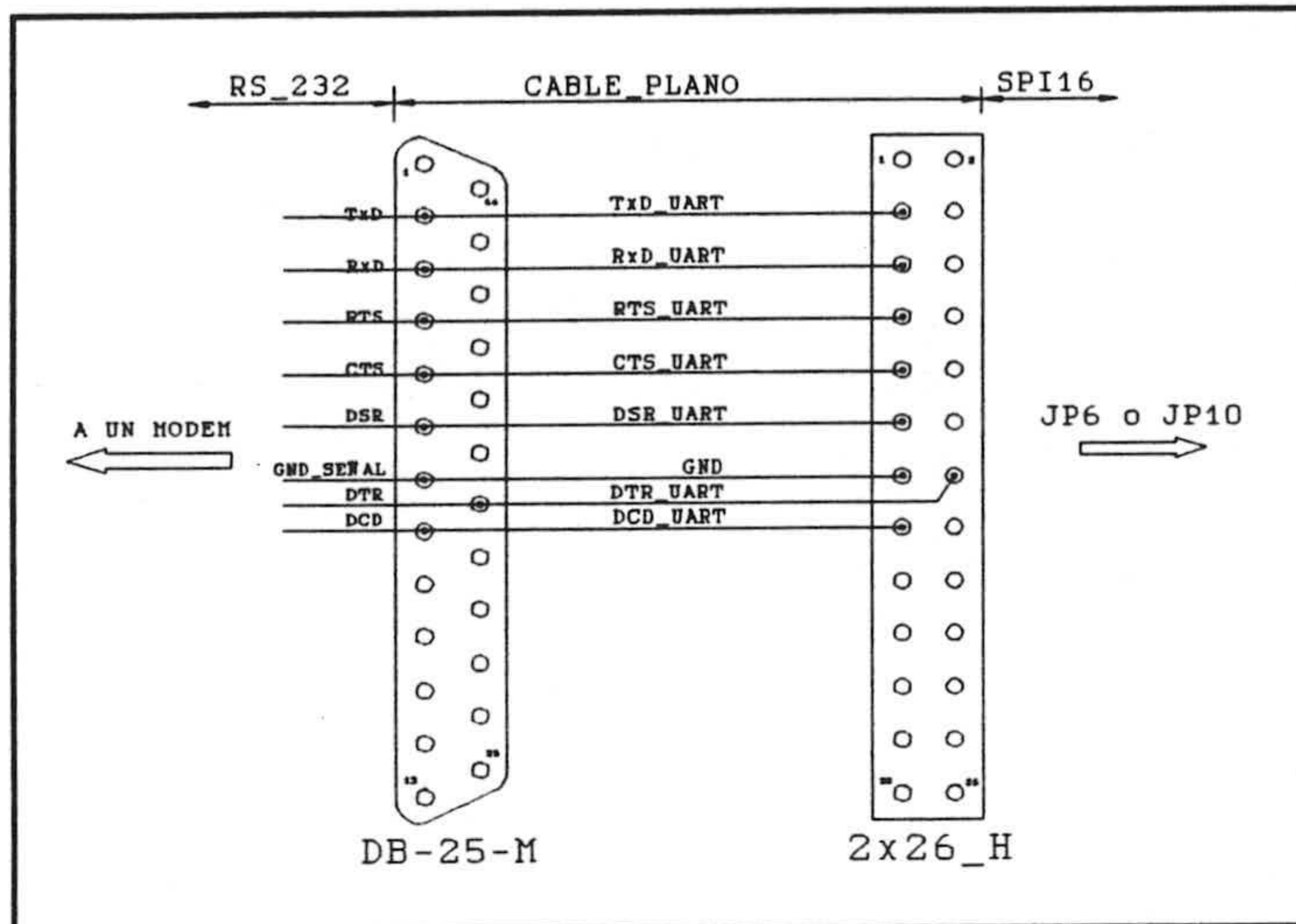


Figura 3.9: Conexión de puertos RS-232.

Como conector de interfaz se emplea uno para cable plano de 26 líneas. Las señales se han distribuido de forma que el conector pueda ser directamente interconectado con cable plano a un conector D macho de 25 patillas quedando configurado como terminal RS-232 (Figura 3.9).

Capítulo IV.- Concepción y diseño del Radiomodem

En este capítulo se describe el diseño de las tarjetas que constituyen el radiomodem **Spiral 1200**. En la Sección 4.1 se muestra una visión general del sistema y de los módulos que lo forman. En las siguientes Secciones se hace una descripción más detallada para cada una de las tarjetas diseñadas: microcomputador (Sección 4.2), tarjetas de interfaz (Sección 4.3), y modulo de radio (Sección 4.4).

En el Apéndice B se muestran los esquemas de diseño, la disposición de componentes, lista de materiales, el trazado de pistas, y fotografías de las tarjetas y del sistema montado. Las figuras de este Apéndice se referenciarán en este capítulo con la notación *Figura B.x*, donde *x* es el número de orden de la figura.

4.1.- Descripción general del radiomodem

El radiomodem es un microcomputador programable capaz de enlazar varios equipos de datos a través de un único canal de radiofrecuencia. Básicamente consiste en un microprocesador dotado de dos interfaces de comunicación serie:

- a) Interfaz normalizado (*RS-232*, *RS-485*, etc.) para la interconexión con un *DTE*.
- b) Modem *FSK* para comunicación, vía radio, con otros radiomodem.

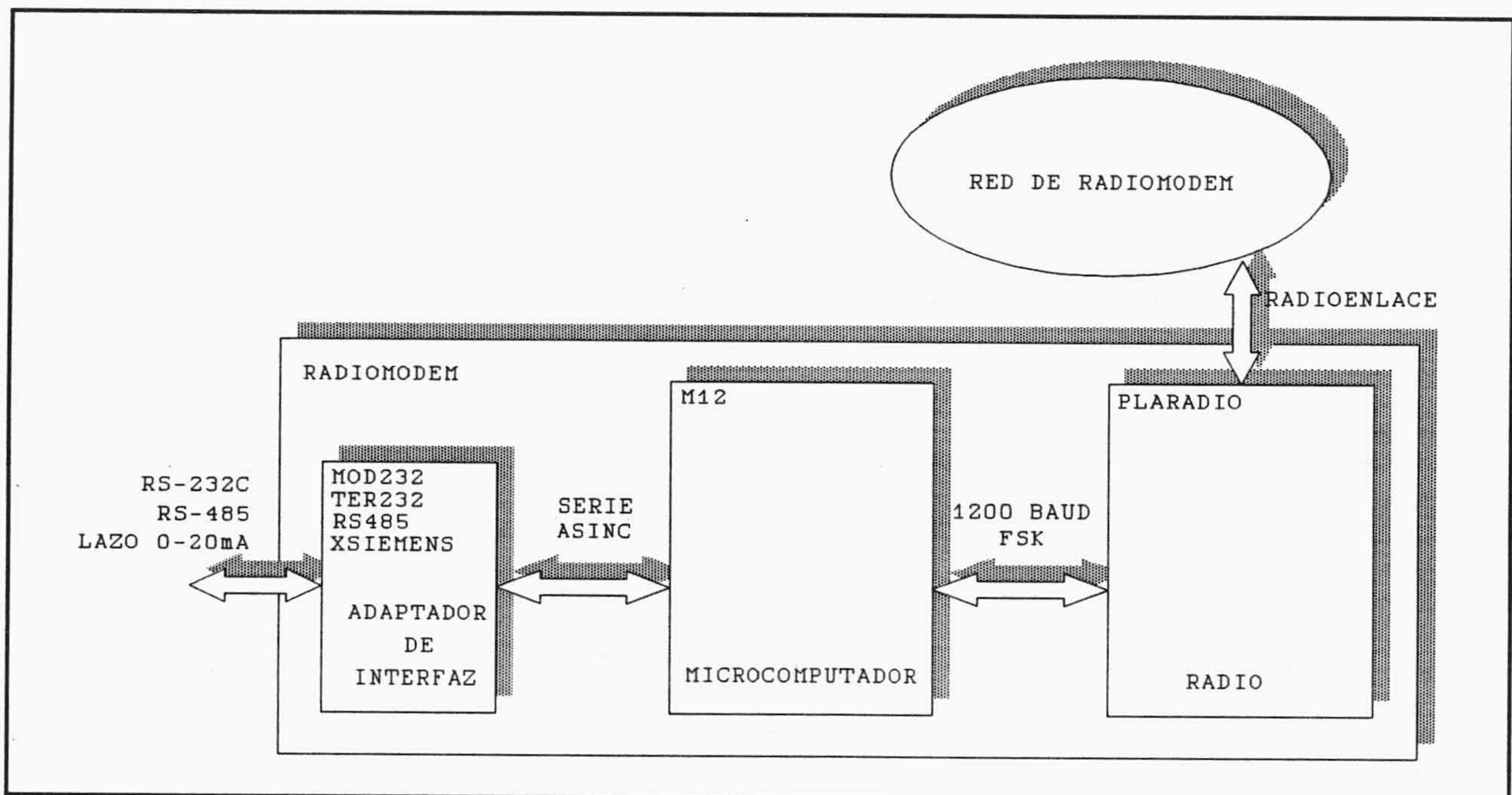


Figura 4.1: Esquema general de bloques del radiomodem.

Se ha distribuido modularmente sobre tres tarjetas (Figura 4.1) con el propósito de flexibilizar la configuración de diferentes versiones de equipo de radio y de interfaz con el terminal:

-*Tarjeta principal (M12)*, que contiene el microcomputador y el interfaz con el equipo de radio (modem FSK y adaptadores de nivel eléctrico).

-*Tarjeta de adaptación del interfaz serie con el terminal de usuario*. Contiene los circuitos de adaptación necesarios para configurar un interfaz normalizado. Se han

desarrollado distintos modelos: *RS-232* configurado como *DTE (TER232)*, *RS-232* configurado como *DCE (MOD232)*, *RS-485 (RS485)* y lazo de corriente *0-20 mA* optoacoplado (*XSIEMENS*).

- *Tarjeta de radio (PLARADIO)* sobre la que se ensambla el equipo de radio y un ventilador para refrigeración del sistema.

El radiomodem se ha diseñado en un formato que facilita el ensamblado de las tres tarjetas sobre una caja de material plástico concebida para ser montada sobre carril normalizado para montajes eléctricos. Todos los elementos accesibles desde el exterior (leds, conector de antena, etc.) se han distribuido de forma que aparezcan sobre la cara frontal de la caja.

En la Figura 4.2 se muestra el ensamblado de las tres tarjetas para su inserción en la caja, y la Figura 4.3 ilustra el resultado final con una fotografía del radiomodem.

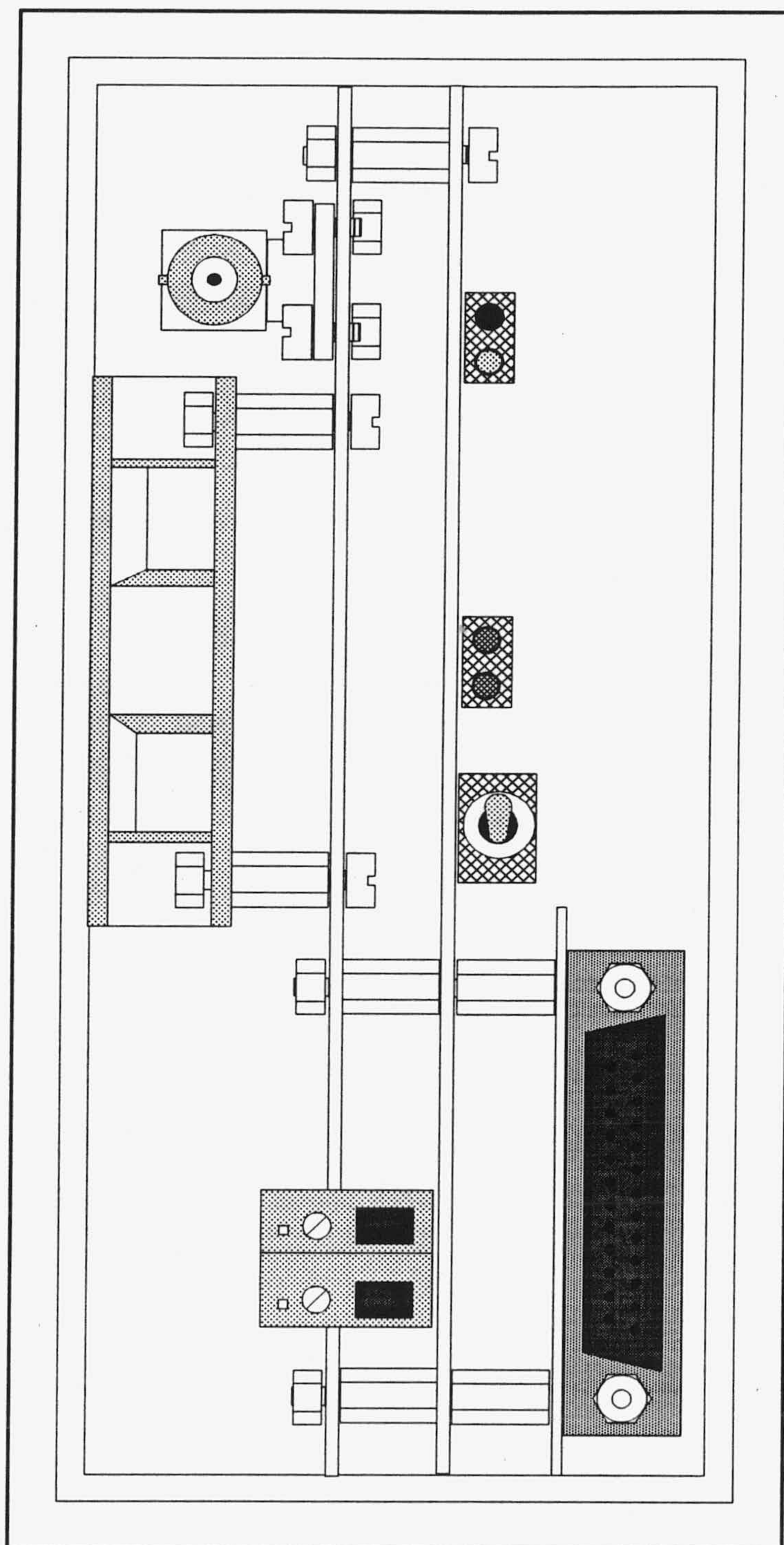


Figura 4.2: Ensamblado de las tres tarjetas del radiomodem.

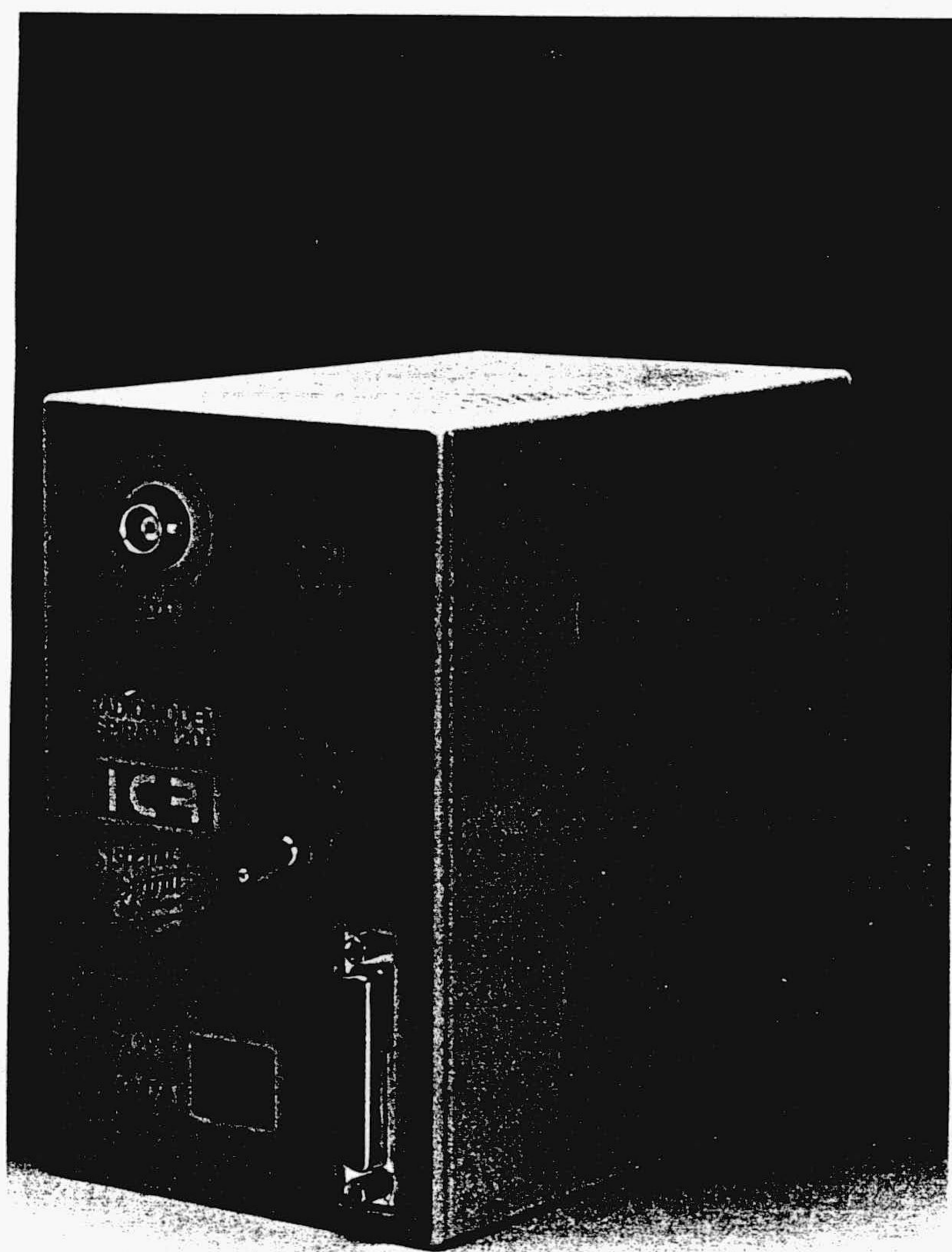


Figura 4.3: Fotografía del radiomodem Spiral 1200.

4.2.- Descripción de la tarjeta principal (M12)

La tarjeta principal del radiomodem es un microcomputador que consta de los siguientes elementos (Figura 4.5):

.Microprocesador de 8 bits *HD63B09*, versión *CMOS* del *MC6809*.

.Circuito de supervisión de alimentación y guardián, similar al descrito para la tarjeta **SPI16**.

.32 KBytes de memoria *RAM* estática *CMOS* (*43256*) para permitir la posibilidad de concentración de datos en tareas de conmutación. Este circuito de 32 KBytes de memoria *RAM* puede substituirse por uno de 8 KBytes (*4364*). La utilización de uno u otro debe

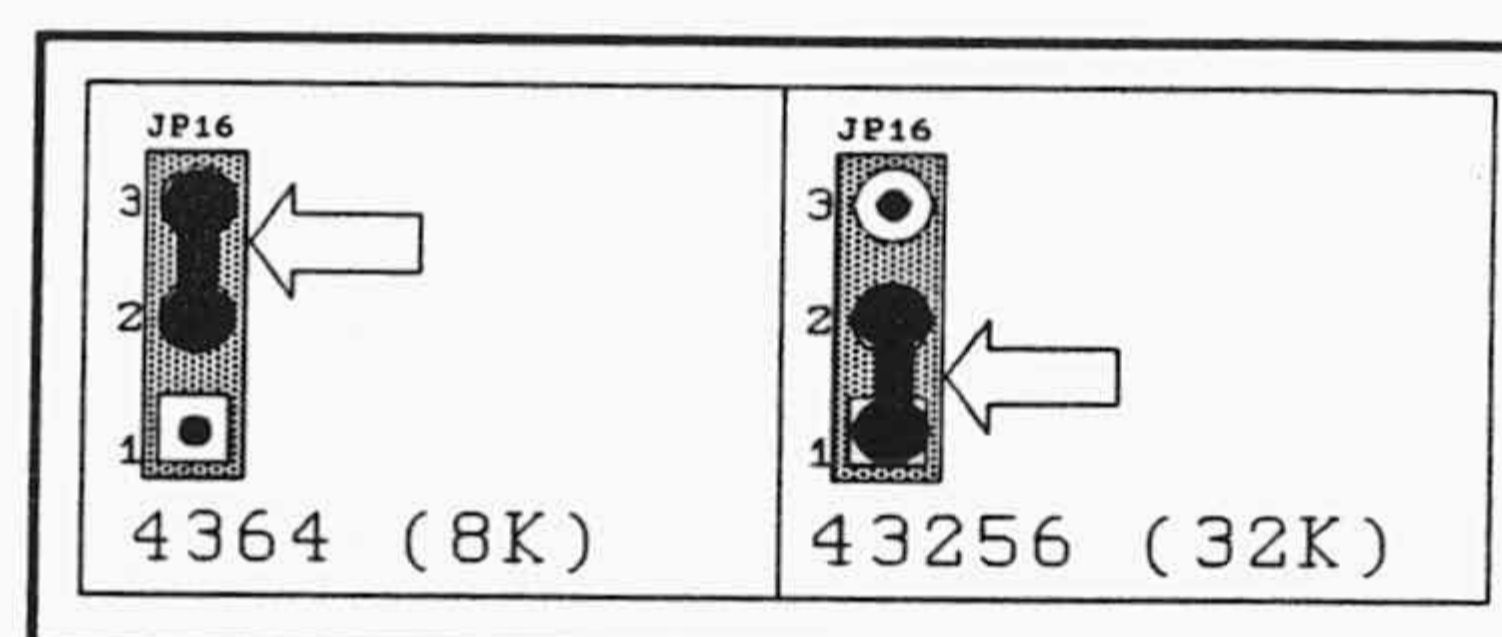


Figura 4.4: Selección de RAM.

configurarse con el selector **JP16** tal y como se muestra en la Figura 4.4.

.16 KBytes de memoria *EPROM* (*27C128*) *CMOS* para almacenar el código de programa. Opcionalmente el CI *27C128* puede ser substituido por un *27C64* con una capacidad de 8 KBytes.

.8 microinterruptores (**S1**) para la configuración de parámetros de comunicación del puerto serie.

.Reguladores de tensión de **+8V** para alimentación de la radio y de **+5V** para el resto de los circuitos electrónicos.

.Indicadores luminosos (*leds*) de **PTT**, **SQT**, **+8V** y **+5V**.

.Doble *UART CMOS 65C52 (DACIA)* que permite la comunicación con el interfaz de radioenlace y con el módulo de interfaz serie de usuario (*RS-232*, *RS-485*, etc.).

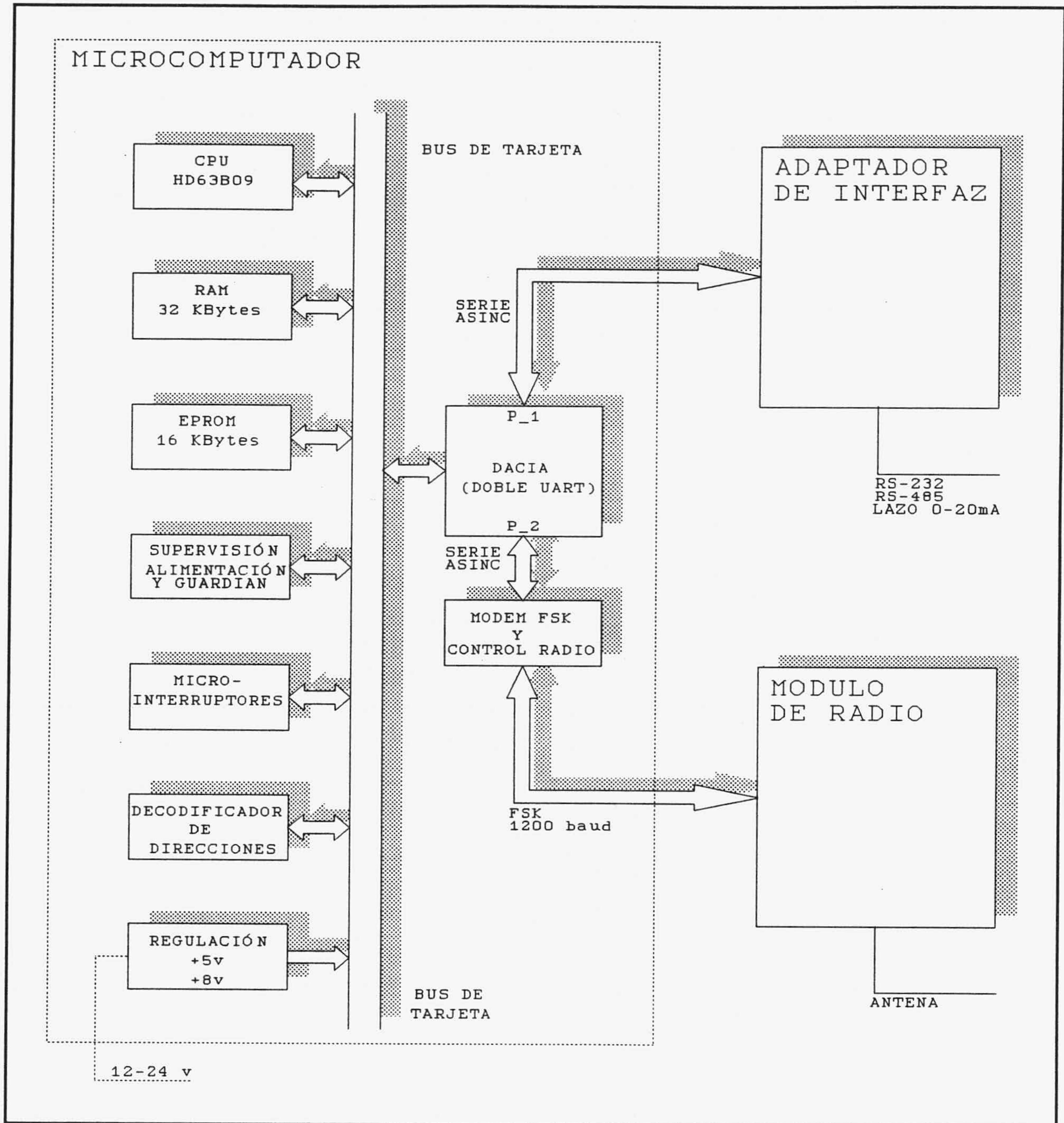


Figura 4.5: Diagrama de bloques del radiomodem.

.Circuitos de adaptación de señales de datos y de control al equipo de radio (Sección 4.2.1).

.Decodificador de direcciones para selección de dispositivos (Sección 4.2.2).

4.2.1.- Interfaz con el equipo de radio

Para adaptar las señal de datos al ancho de banda de audio del equipo de radio se ha empleado un Modem *FSK* integrado *CMOS* 73M223, que utiliza los dos tonos de frecuencias 1302 y 2097 Hz de la recomendación V.23 de CCITT para codificación de los niveles de señal correspondientes a *MARCA* y *ESPACIO* respectivamente, a una velocidad de operación de

1200 baudios. Además, el circuito de modem proporciona la base de tiempos utilizada en el programa para tareas de temporización (línea SYNC). En la Figura B.3 se muestra el esquema del Modem y de los circuitos de adaptación al equipo de radio. Las conexiones de selección JP17 y JP18 prevén la utilización de la tarjeta con enlace por cable, de forma que puedan seleccionarse en cada caso las condiciones de ecualización y filtrado más convenientes en función de la longitud del cable y el ruido ambiental (Figura 4.6). Los ajustes de nivel de audio (portadora de modem) se realizan con el potenciómetro Pot 1 y el mando de volumen del receptor de radio. El nivel de transmisión debe ser de unos 10 mV pp y se ajusta con Pot 1. Una vez ajustada la transmisión, la recepción se ajusta con el mando de volumen hasta obtener una salida de 1.2 V pp sobre el punto de prueba JP13.

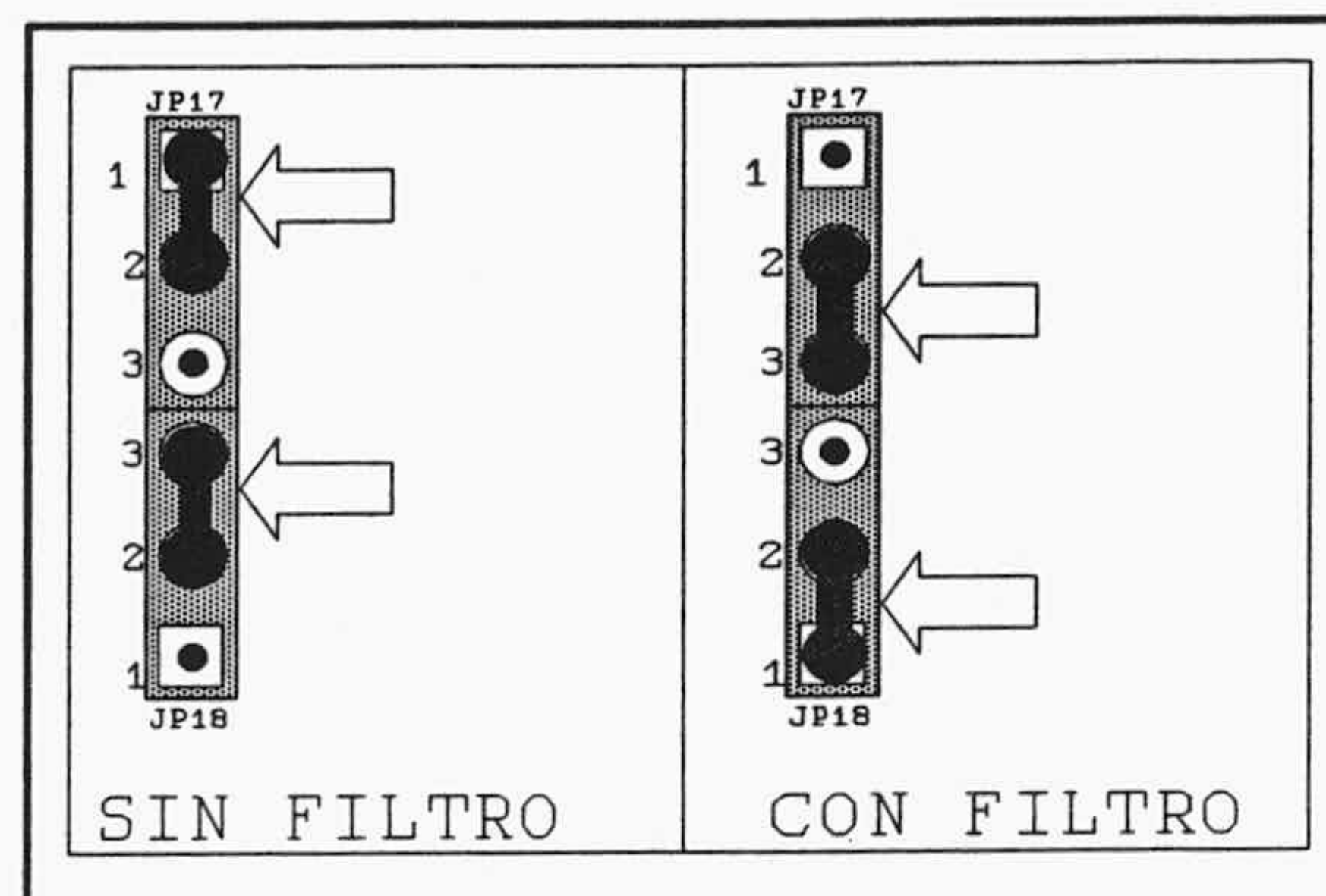


Figura 4.6: Selección FILTRO.

El control de la transmisión y recepción se realiza a través de las señales de control de la radio PTT (*puesta en transmisión*) y SQT (*detección de portadora*).

La puesta en transmisión (PTT en nivel bajo) exige la activación simultanea de las señales de control DTR y RTS de la UART_2. Generalmente, la puesta en transmisión también puede activarse forzando la señal de micrófono (MIC) a un nivel de continua bajo a través de una impedancia de 2K2 (R2), lo que hace innecesaria la conexión de la señal de control PTT.

La señal **CTS2** se obtiene a partir de la señal **SQT** de detección de portadora de radio. Esta señal permitirá implantar una estrategia **CSMA**, conteniendo la puesta en transmisión cuando otra estación tenga el canal ocupado.

4.2.2.- Distribución del espacio de memoria

El espacio de direccionamiento se ha distribuido entre los distintos dispositivos en la forma representada por la Tabla IV.1. En la primera columna aparece la señal de selección de dispositivo generada por el módulo decodificador de direcciones (Figura A.1). La segunda y tercera columna muestra el dispositivo al que se accede y la entrada activada. La cuarta columna identifica el subespacio de direcciones asociado a la señal de selección, la cual se activará sobre ese subespacio durante los ciclos de bus indicados en la última columna.

<i>SEÑAL DE SELECCION</i>	<i>DISPOSITIVO</i>	<i>FUNCION ACTIVADA</i>	<i>SUBESPACIO ASOCIADO</i>	<i>CICLO ASOCIADO</i>
CSRAM	RAM	— — CE/OE	0000-7FFF	TODOS
CSDACIA	DACIA	— CS	9000-9FFF	LECTURA/ESCRIT.
CSSW	MICROINTERRUPT.	— G	A000-AFFF	LECTURA
CSWATCH	RESET GUARDIAN	— ST	B000-BFFF	LECTURA/ESCRIT.
CSEEPROM	EPROM	— — OE/CE	C000-FFFF	LECTURA

Tabla IV.1: Asignación del espacio de memoria.

4.3.- Módulos de interfaz serie

Los circuitos de adaptación del interfaz serie se han colocado sobre una tarjeta independiente de la principal con la finalidad de poder configurar diferentes normas de comunicación sin más que cambiar el módulo de interfaz.

Con este objeto se han diseñado cuatro tipos de tarjetas:

a) Tarjeta **TER232**. Ofrece la adaptación de señales *TTL* a especificaciones *RS-232* (Figura B.9). El conector tipo *D* macho de 25 líneas del interfaz queda configurado como conector de *DTE*, pudiéndose conectar directamente a un *DCE* (Modem) a través de una conexión plana. Se utiliza un circuito integrado *MAX238* de adaptación de niveles eléctricos que cumple las especificaciones *RS-232* y que requiere una sola fuente de alimentación (+5V). Para proteger contra posibles sobretensiones en las líneas del interfaz, se han colocado limitadores formados por dos diodos zener opuestos que absorben los picos a partir de $\pm 10V$ y $\pm 27V$ para salidas y entradas respectivamente.

b) Tarjeta **MOD232**. Al igual que la anterior ofrece una adaptación de niveles *TTL/RS-232*, pero utiliza un conector hembra configurado como *DCE* (Figura B.13).

c) Tarjeta **RS485**. Adapta los niveles *TTL* del puerto serie a las especificaciones eléctricas de la recomendación *RS-485* (Figura B.17). Se ha utilizado un circuito integrado *DS3696* de adaptación a la norma que permite detectar colisiones en el bus (se

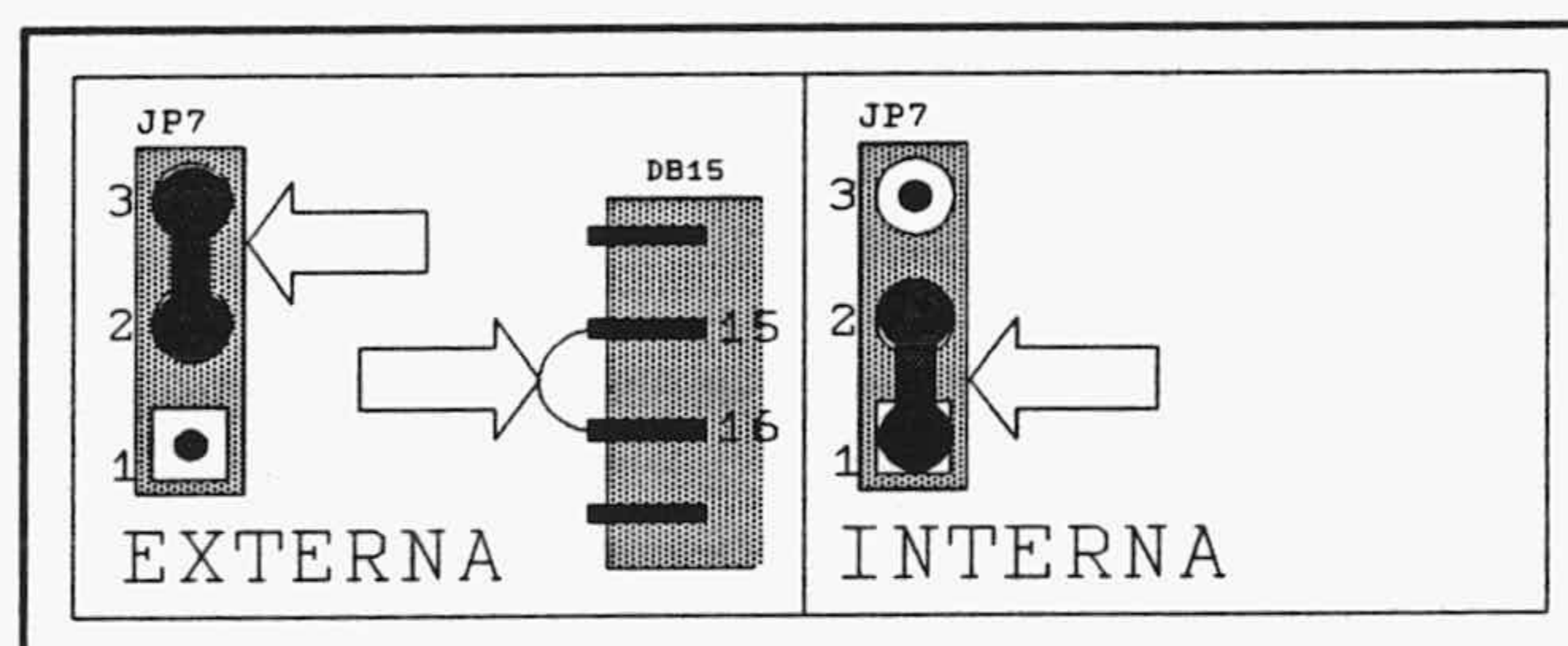


Figura 4.7: Selección de Terminación RS-485.

activa *CTS*) cuando se intenta transmitir (*RTS* activa) con el canal ocupado. Se ha previsto la posibilidad de seleccionar la conexión de una terminación de *120 ohmios* para los equipos que se conecten a los extremos del bus. La conexión puede realizarse internamente sobre **JP7** o externamente puentando las líneas **15** y **16** del conector del interfaz, como muestra la Figura 4.7.

d) Tarjeta **XSIEMENS**. Es un lazo optoacoplado de corriente $0-20\text{ mA}$. El conector se ha configurado para poder conectarlo directamente, utilizando cable plano, a los programadores lógicos programables de SIEMENS® a través de su conector de programación. El aislamiento se obtiene con dos optoacopladores *PC817* (Figura B.21).

La Tabla IV.2 representa la correspondencia entre las líneas del interfaz y las líneas de la **UART_1** para cada una de las tarjetas. Las señales entre paréntesis corresponden a puentes internos y no están asociadas a ninguna línea del interfaz.

MODULO	TxDI	RxDI	RTS1	CTS1	DCD1	DTR1	DSR1
TER232	<i>TxD</i>	<i>RxD</i>	<i>RTS</i>	<i>CTS</i>	<i>DCD</i>	<i>DTR</i>	<i>DSR</i>
MOD232	<i>RxD</i>	<i>TxD</i>	<i>CTS</i>	(<i>RTS1</i>)	<i>RTS</i>	<i>DSR/DCD</i>	<i>DTR</i>
RS485	<i>DI</i> <i>Transmisión de datos</i>	<i>RO</i> <i>Recepción de datos</i>	<i>DE</i> <i>Transmitir / Recibir</i>	<i>LF</i> <i>Detección de colisiones</i>	(<i>DTR1</i>)	-	(<i>DTR1</i>)
XSIEMENS	<i>T_EXT</i> <i>Transmisión de datos</i>	<i>R_EXT</i> <i>Recepción de datos</i>	-	(<i>RTS1</i>)	(<i>DTR1</i>)	-	(<i>DTR1</i>)

Tabla IV.2: Asignación de líneas de control de protocolo en los módulos de interfaz.

El tipo de tarjeta puede ser reconocido por la distinta codificación realizada para cada una de ellas sobre las señales **DCD2**, **DSR2**, **DCD1** y **DSR1** de la doble **UART** (Tabla IV.3). Para **TER232** y **MOD232** no se codifican **DCD1** y **DSR1** puesto que son utilizadas como líneas de control del interfaz.

<i>MODULO</i>	<i>DCD2</i>	<i>DSR2</i>	<i>DCD1</i>	<i>DSR1</i>
<i>TER232</i>	<i>1</i>	<i>0</i>	<i>-</i>	<i>-</i>
<i>MOD232</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>-</i>	<i>-</i>
<i>RS485</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>DTR1</i>	<i>DTR1</i>
<i>XSIEMENS</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>DTR1</i>	<i>DTR1</i>

Tabla IV.3: Codificación de reconocimiento de los módulos de interfaz.

4.4.- Tarjeta de radio

El equipo de radio se acopla sobre una tarjeta (**PLARADIO**) para fijarlo a la caja del radiomodem de forma sencilla e independiente del modelo de radio utilizado. La tarjeta diseñada (**PLARADIO**) permite fijar un equipo de radio de MOTOROLA.

Sobre esta tarjeta también se instala el ventilador para forzar una corriente de aire que extraiga el calor tanto del disipador de la etapa de transmisión de la radio como de los reguladores de alimentación situados en la tarjeta **M12**. En lugares idóneos de las tarjetas (**M12** y **PLARADIO**) y de la caja se han perforado ranuras que aseguran una circulación de aire adecuada.

También se han situado sobre la tarjeta el regulador de tensión del ventilador y el conector de antena, este último en una posición accesible desde el frontal de la caja.

Capítulo V.- Algoritmos de conmutación de datos

En este capítulo se hace un análisis de los programas de conmutación de mensajes realizados, en lenguaje ensamblador, para el controlador **SPI16** y el radiomodem **Spiral 1200** descritos en los Capítulos III y IV, respectivamente. En primer lugar (Sección 5.1) se realiza una descripción general de los flujos de información que establece la conmutación de paquetes sobre el sistema. En la Sección 5.2 se describen las tablas de encaminamiento estático definidas para la repetición de paquetes a través de la red. En la Sección 5.3 se analiza la estructura y organización de la memoria de concentración de datos (**COLAS DE TRAMAS**). A continuación se presentan los procesos encargados de la recepción y de datos a través de los puertos de comunicación (Sección 5.4.1) y los procesos de transmisión (Sección 5.4.2), ilustrándose con un ejemplo (Sección 5.5) la gestión de conmutación. Por último, en la Sección 5.6 se comentan algunos aspectos del proceso de acceso, desde los puertos de comunicación, a las entradas y salidas de **SPI16**.

Aunque los procesos que gestionan los flujos de información para organizar el sistema de conmutación de datos en **SPI16** son similares a los realizados para el radiomodem

Spiral 1200 (para este último es menor el número de puertos de comunicación a gestionar), la descripción realizada corresponde a la tarjeta **SPI16**, con mayor número de puertos de comunicación, dejando para el Capítulo VI (programa del radiomodem) el examen de la particularización realizada para **Spiral 1200**.

5.1.- Descripción general

El programa realizado permite el acceso a las entradas y salidas del sistema, tanto digitales como analógicas, a través de cualquiera de los tres puertos de comunicación serie disponibles, de manera transparente o utilizando el protocolo de red **PCSPR** definido anteriormente (Sección 2.2.3), lo que otorga al sistema características de *Equipo Terminal de Datos (DTE)*. Además permite conmutar mensajes entre los distintos puertos de comunicación, que pueden ser configurados como interfaces transparentes con otros *DTEs* (*Controladores Lógicos Programables*, etc), o actuar de enlace con otros nodos de la red, adquiriendo funciones de *Equipo Terminal de Comunicaciones (DCE)* o de *Equipo de Conmutación de Datos (DSE)*, respectivamente.

El diagrama de la Figura 5.1 muestra el flujo de datos entre el sistema y los posibles elementos de transferencia de información que admite.

El diagrama detalla los sentidos de transmisión y nombre de la información que se intercambia entre la tarjeta **SPI16** y el bus local

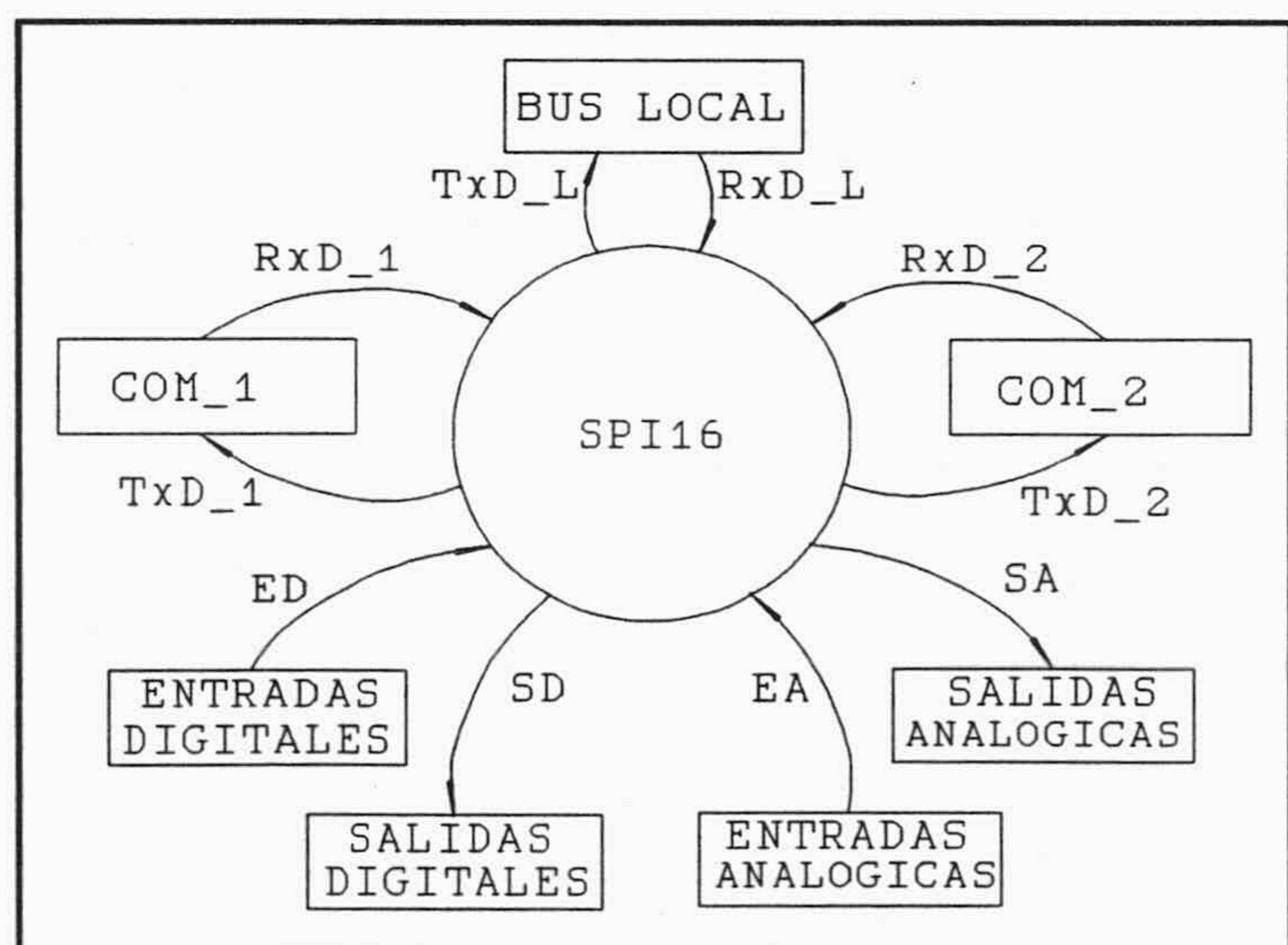


Figura 5.1: DFD general del sistema.

(RS-485), entradas digitales, salidas digitales (relés), entradas analógicas, salidas analógicas, e interfaces serie COM_1 y COM_2.

En la Figura 5.2 se representa un diagrama de flujo más detallado del sistema.

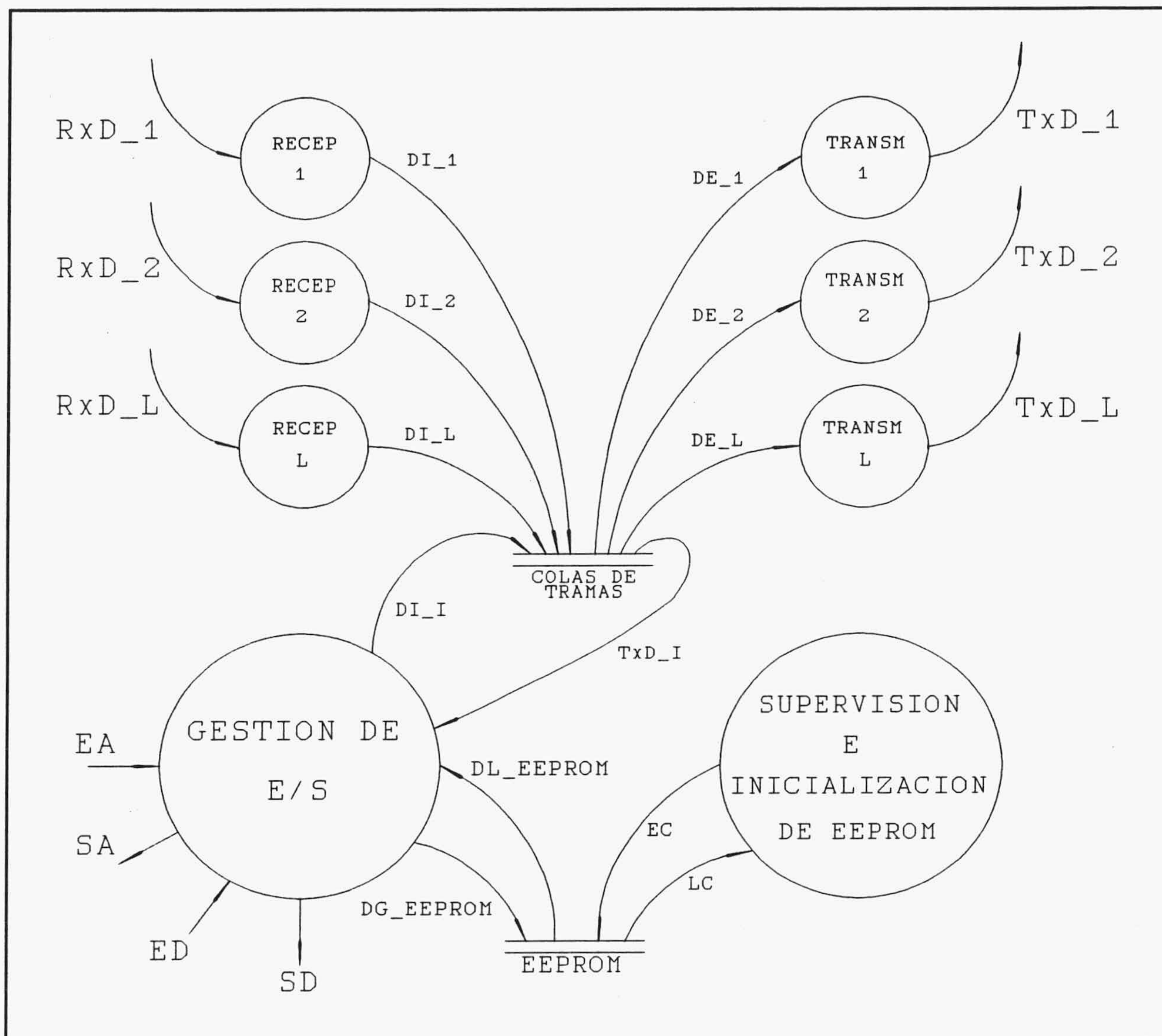


Figura 5.2: DFD detallado del programa de comunicaciones.

Para posibilitar las tareas de concentración y conmutación de mensajes se ha definido una estructura dinámica de memoria, representada por **COLAS DE TRAMAS** en la Figura 5.2, basada en ocho colas de datos formadas por elementos encadenados de 256 bytes de longitud, que será descrita más adelante con detalle. En la figura, **RECEP.i** y **TRANSM.i** ($i=1,2,L$) representan los procesos encargados de la recepción de datos y su inserción en

COLAS DE TRAMAS y de la extracción de datos de **COLAS DE TRAMAS** y transmisión, respectivamente, tanto para los dos interfaces *RS-232* ($i=1,2$) como para el interfaz *RS-485* ($i=L$).

Cada flujo de datos entre el sistema y los distintos puertos de comunicación tiene asociado un proceso que permite realizar el intercambio de información con la cola.

Para simplificar la comunicación con el resto de las entidades externas (E/S analógicas y digitales) se ha definido el proceso **GESTION DE E/S** que soporta un protocolo de comunicación con **COLA DE TRAMAS** similar al definido para la conmutación de mensajes entre puertos, unificando los procedimientos de acceso a **COLA DE TRAMAS**.

El proceso **GESTION DE E/S** permite realizar lecturas de estado de las distintas entradas (digitales y analógicas), y escrituras sobre las salidas (relés y salidas analógicas), así como acceder a diversos parámetros de configuración y programas de usuario almacenados en memoria *EEPROM*, y a diferentes zonas de datos que pueden definirse en memoria *RAM*.

El proceso de **SUPERVISION E INICIALIZACION DE EEPROM** se encarga de realizar periódicamente un chequeo de validez de datos de la memoria *EEPROM*. La detección de errores provoca la reinicialización de todos los parámetros con los valores por defecto asignados a cada uno de ellos.

5.2.- Tablas de encaminamiento: Gestión de Red

Como se ha mencionado, el sistema realiza tareas de conmutación de paquetes entre los distintos puertos de comunicación y bajo un protocolo de red **PCSPR**, utilizando una estrategia de encaminamiento distribuido basado en la configuración de tablas estáticas de

rutas. Estas tablas y el identificador de la estación se almacenan en memoria *EEPROM* al configurar el sistema para la aplicación, estableciendo las rutas en función de la topología de red definida.

La estructura de la tabla de rutas definida en un *DSE* permite establecer, para cada **Destino** de la red, la estación vecina sobre la que hay que encaminar el mensaje (estación de **Enlace**). La tabla está formada por una serie de registros con el siguiente formato:

<i>DESDE</i>	<i>HASTA</i>	<i>ENLACE</i>	<i>PUERTO</i>
--------------	--------------	---------------	---------------

Los campos **Desde** y **Hasta** determinan el conjunto de estaciones destino a las que hace referencia el registro: estaciones con identificador comprendido entre el los valores de los campos **Desde** (inclusive) y **Hasta**. El campo **Enlace** contiene el identificador de la estación vecina de enlace para todas las estaciones referenciadas. **Puerto** identifica el puerto de comunicación serie a través del cual se ha de realizar la conexión con la estación de enlace.

Por defecto, las estaciones no referenciadas en ninguna entrada se suponen enlazadas punto a punto a través del primer interfaz *RS-232*, por lo que los paquetes destinados a ellas se encaminarán copiando el **Destino** en el campo de **Enlace** de la trama **PCSPR**, simplificando con ello las tablas en los *DCE*.

5.3.- Las COLAS DE TRAMAS

Las **COLAS DE TRAMAS** están formadas por las ocho colas correspondientes a los flujos de información con los procesos de comunicación del sistema (ver Figura 5.2).

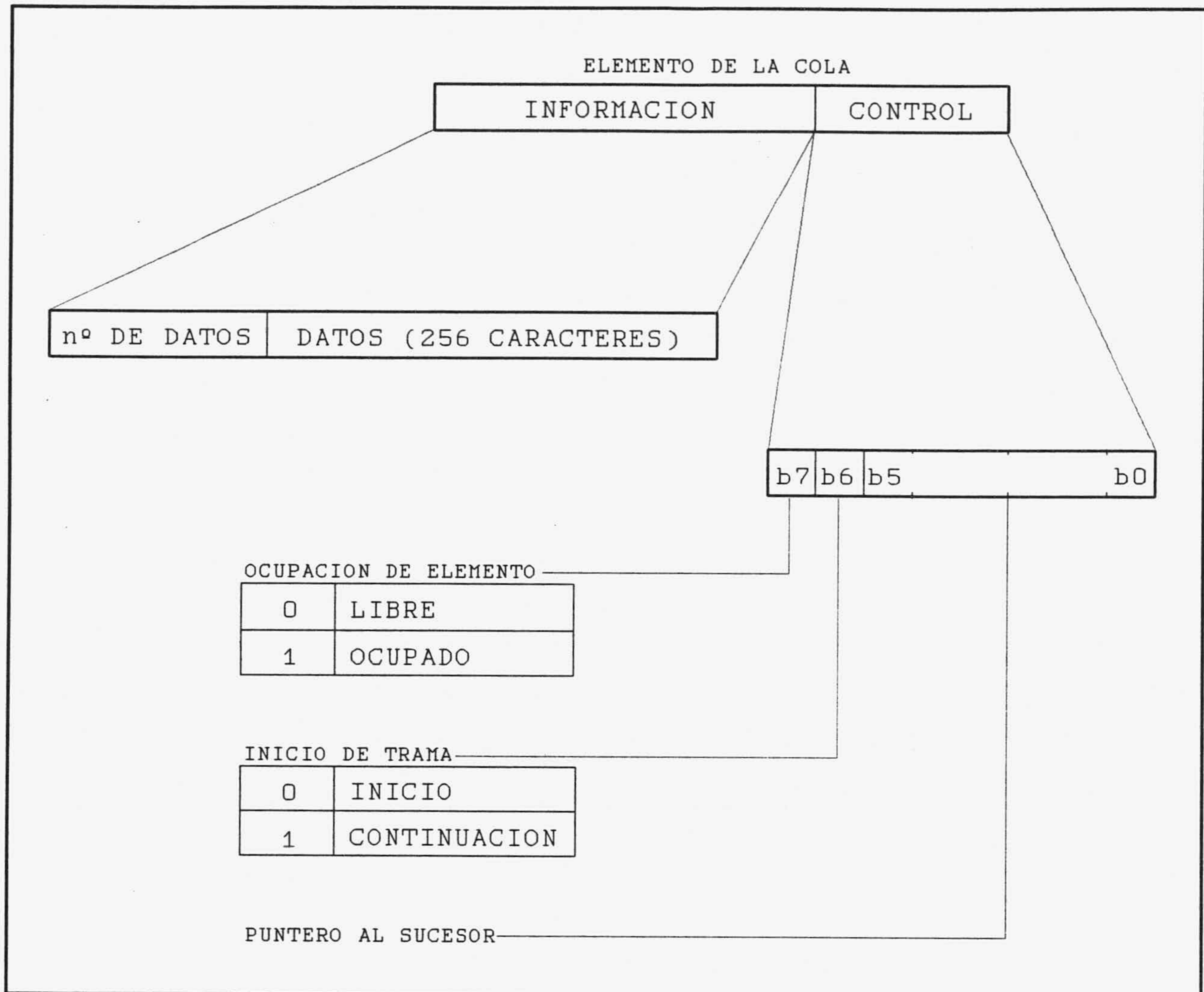


Figura 5.3: Formato de los elementos de la cola.

Las colas consisten en elementos encadenados a través de punteros a sucesor, tal como representa la Figura 5.3. Cada elemento contiene un campo de **INFORMACION** formado por una página de memoria (256 caracteres) para los datos recibidos o que deban ser transmitidos, a cuyo contenido se accede como una pila lineal *FIFO*, y un byte de cabecera que indica el número de datos realmente ocupados en el elemento (≤ 256 caracteres). El campo de **CONTROL** es un byte que contiene el **Puntero a Sucesor** del elemento e información sobre el estado de ocupación y tipo de elemento que indica si es o no el primero de una trama.

El **Puntero a Sucesor**, de 5 bits, permite un tamaño para las Colas de Tramas de hasta 64 elementos (16 Kbytes). Cada una de las ocho colas de comunicación se construye

enlazando elementos a través de esos punteros, de forma que las colas pueden ser recorridas linealmente a partir del primer elemento.

El bit b_7 del campo de control indica si el elemento forma parte o no de alguna cola. Los procesos de recepción deberán ocupar elementos libres para el almacenamiento de nuevos datos, y serán liberados por los procesos de transmisión.

El bit b_6 permite sincronizar la comunicación a nivel de trama: la liberación de elementos ya transmitidos, o eliminados por saturación del espacio de memoria asignado a las colas, se realiza por tramas completas. Mantener las tramas completas en la cola de transmisión hasta su completa transmisión facilita además, como se verá más adelante, la retransmisión de las tramas que han colisionado sobre la red local (*RS-485*).

La gestión de las **COLAS DE TRAMAS** se realiza con ayuda de variables internas del programa que apuntan a determinados elementos:

- P_i . Primer elemento de la cola de transmisión para el puerto i . Estos punteros identifican el primer elemento de la trama que está siendo transmitida por cada uno de los puertos. Permiten reconocer el inicio de la trama para su posible retransmisión posterior.

- T_i . Elemento en transmisión para el puerto i . Identifican al elemento que está siendo transmitido por cada uno de los puertos.

- U_i . Ultimo elemento de la cola de transmisión para el puerto i . Permiten reconocer el final de cada una de las colas de transmisión y facilitan las operaciones de encadenamiento de nuevas tramas.

- S_i . Primer elemento de la cola de recepción del puerto i . Identifican el primer elemento asignado a la trama que está siendo recibida por cada uno de los puertos. Permiten el encadenamiento de cada cola de recepción con la cola de transmisión correspondiente al destino de la trama.

- R_i . Elemento en recepción para el puerto i . Apuntan al elemento sobre el que se insertan los datos que están siendo recibidos desde cada uno de los puertos.

- L_i . Elemento libre para el puerto i . Apuntan a un elemento vacío que se reserva como siguiente elemento en recepción para cada uno de los puertos. Esto permite realizar sin demora la asignación de los elementos de recepción. Estos punteros son actualizados desde el programa principal por un proceso de búsqueda de elementos vacíos cada vez que el elemento libre es ocupado como elemento en recepción.

Los flujos de información definidos exigen la posibilidad de realizar determinadas operaciones con las colas:

.Inicialización de una cola. Las colas de transmisión se inicializan como vacías, asignándoles como primer elemento uno mayor que 63. A las de recepción se les asignará un elemento que será apuntado como primer y último elemento de la cola, que se inicializa con un número de datos de información igual a cero.

.Búsqueda de un elemento vacío para reservarlo como elemento libre de alguna cola. El número de datos también se inicializa a cero.

.Concatenación de dos colas. Permite añadir una cola de recepción, sobre la que se ha recibido una trama, a la cola de transmisión correspondiente al destino de dicha trama.

.Eliminación del primer elemento de una cola.

.Inserción de un dato en el campo de información de un elemento, incrementándose el número de datos.

.Extracción de un dato del campo de información de un elemento.

5.4.- Gestión de Enlace de Datos

Los procesos de recepción y transmisión se encargan de la gestión del flujo de mensajes entre la colas de tramas y los puertos de comunicación, realizando las tareas correspondientes a las subcapas de control de acceso al medio (MAC) y de control de enlace lógico (LLC) de la capa de enlace.

Cada canal de comunicación serie puede ser configurado con protocolo **PCSPR** o en modo **Transparente**. Además, los procedimientos de recepción y transmisión pueden ser substituidos por convertidores de protocolo para comunicar con equipos para los que no es adecuada la estrategia de discontinuidades aplicada al modo transparente.

5.4.1.- Los procesos de Recepción

Los procesos de recepción se encargan de construir colas correspondientes a una trama de datos recibidos a través de alguno de los puertos de comunicación (**DI_1**, **DI_2**, **DI_L**), o bien construidas por el proceso de gestión de E/S (**DI_I**) (Figura 5.2). Se gestionan con la rutina de servicio de interrupción de recepción de la UART asociada al interfaz correspondiente, o desde el programa principal en el caso de E/S.

La Figura 5.4 muestra el diagrama de estados de los procesos de recepción correspondientes a una configuración con protocolo **PCSPR**. En el estado **FUERA_TRAMA** se espera la recepción del delimitador de inicio de trama (carácter **@**). La detección del inicio de trama lleva al proceso a los estados de **INICIO_TRAMA** y **TRAMA**, donde los caracteres son insertados en la cola de recepción correspondiente. El carácter de control **CR** indica el final de la trama, encargándose el proceso, en el estado **FIN_TRAMA**, de comprobar que el campo de chequeo (paridad vertical) es correcto, y de analizar y modificar la ruta de la trama a partir de las tablas de encaminamiento definidas. La cola recibida es entonces encadenada a la correspondiente cola de transmisión utilizando un procedimiento de concatenación de colas, y el proceso de recepción es reinicializado.

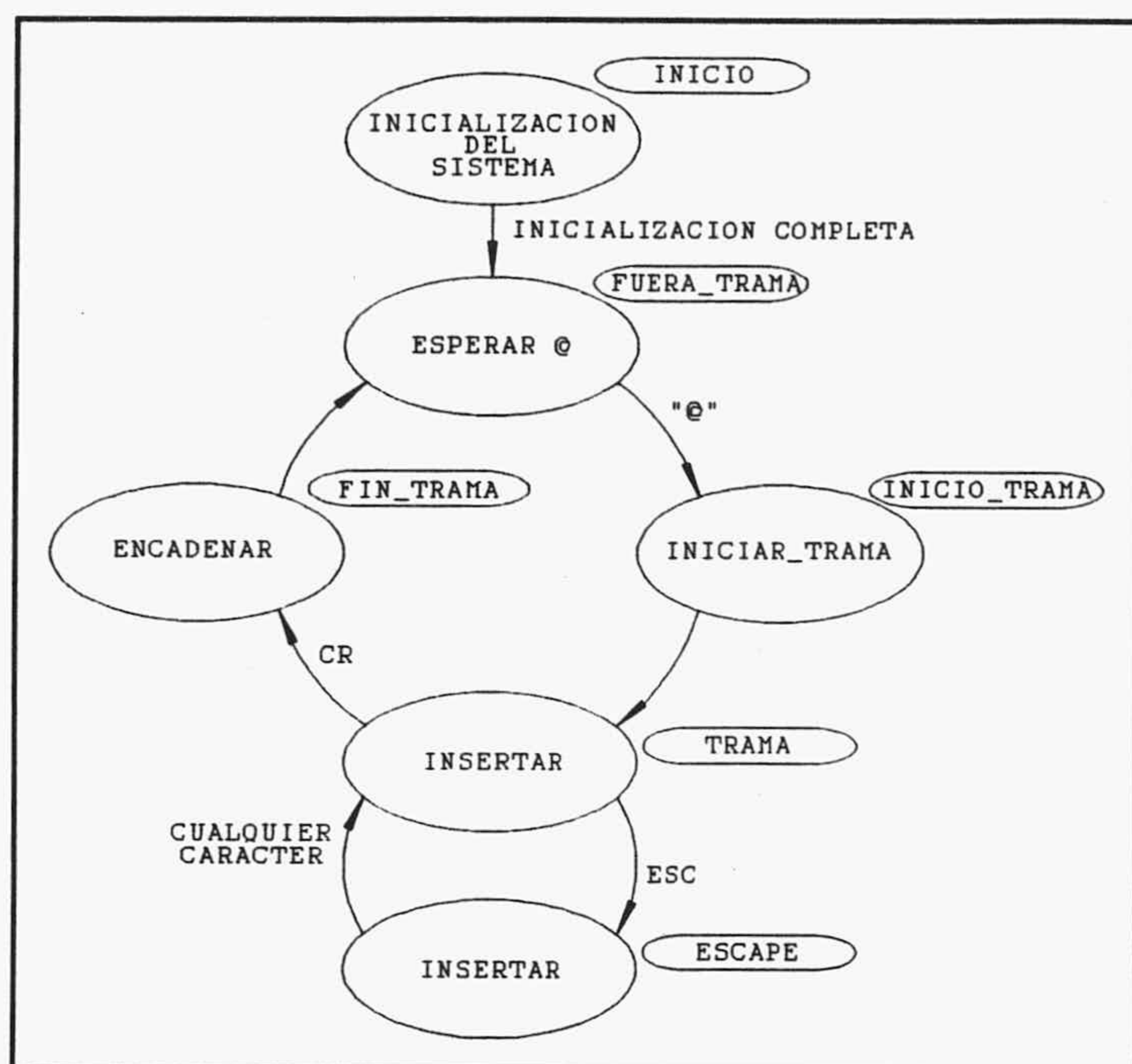


Figura 5.4: Diagrama ASM de la recepción.

Si el puerto está configurado como Transparente, en el estado **FUERA_TRAMA** el proceso inserta una cabecera para construir una trama con el formato **PCSPR** con el destino prefijado para ese puerto (generalmente la estación central). Además, para aquellos caracteres recibidos en el estado **TRAMA** que coincidan con alguno de los de control (**@**, **CR** y **ESC**), se antepone el carácter de escape de control **ESC** exigido por el protocolo **PCSPR**. La detección del final del paquete se

decide por la detección de una discontinuidad en la recepción (detectada por el programa principal cada vez que se dejan de recibir datos durante un tiempo predeterminado). Finalmente, en el estado **FIN_TRAMA**, se añade el campo **Cheq** y el delimitador **CR**, con lo que el paquete quedará formateado como una trama **PCSPR**.

Por otro lado, la detección de discontinuidades posibilita el marcado de la posición de inserción en la cola, en el momento de detectarse la discontinuidad, para gestionar la eliminación de los datos más antiguos en caso de producirse desbordamiento en la cola: si la extracción de datos hacia el interfaz es más lenta que la inserción en la cola, esta se desbordará. En estas circunstancias se eliminan los datos más antiguos para hacer sitio a los nuevos, manteniendo los que se recibieron a partir de la última discontinuidad detectada. Si esta estrategia de eliminación mantiene la cola muy llena, por ser la última discontinuidad muy antigua, entonces se opta por vaciarla completamente para evitar otro desbordamiento inmediato.

5.4.2.- Los procesos de Transmisión

Los procesos de transmisión vacían las colas de transmisión (**DE_1**, **DE_2**, **DE_L**, **DE_I**) sobre los puertos de comunicación (**TxD_1**, **TxD_2**, **TxD_L**) o sobre el proceso de gestión de E/S (Figura 5.2).

Todos los procesos de transmisión, excepto el correspondiente al bus local, siguen el diagrama de estados representado en la Figura 5.5.

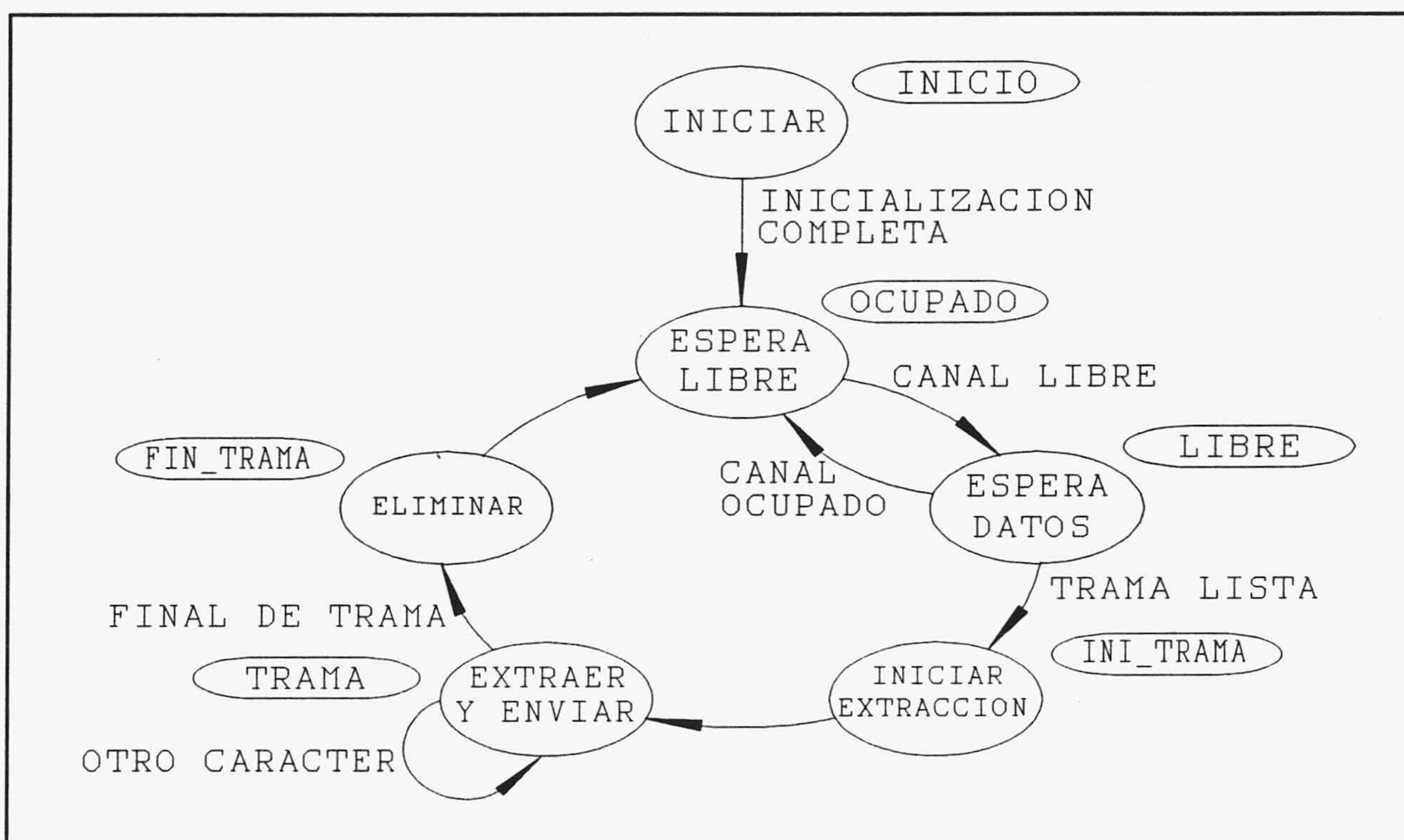


Figura 5.5: Diagrama ASM de la transmisión sin detección de colisiones.

Inicialmente el proceso se encuentra en el estado **OCUPADO** esperando a que el canal quede libre para transmitir. Para los puertos *RS-232* es la línea de control **CTS** la que informa del estado del canal. En el caso correspondiente a las tramas con destino final interno (salidas analógicas, relés, configuración, etc) será el estado del proceso **GESTION DE E/S** el que determine la posibilidad o no de realizar la transacción de la trama. Cuando el canal queda libre, el proceso pasa al estado **LIBRE** en el que espera la existencia de alguna trama en la cola de transmisión. En ese momento se inicia la transacción (estado **INI_TRAMA**) y el proceso pasa al estado **TRAMA** en el que los datos son extraídos de la

cola y enviados al correspondiente puerto de comunicación. Si el puerto está configurado como transparente sólo se transfiere el campo de información de la trama, eliminando además los caracteres de escape de control insertados por el protocolo PCSPR. Finalizado el envío de una trama, esta es eliminada de la cola de transmisión (estado **FIN_TRAMA**), y el proceso vuelve al estado inicial **OCUPADO**. El control de acceso al medio (MAC) se gestiona de acuerdo con la existencia o no de datos en la cola de transmisión asociada al interfaz. Si no hay datos para ser enviados se mantiene la línea **RTS** desactivada. La presencia de datos en la cola provoca la activación de **RTS**, indicando al *DCE* conectado que el sistema se encuentra listo para enviar datos. Estos sólo se enviarán cuando la señal **CTS** sea activada por el *DCE*. Este puede solicitar una detención en la recepción de datos desactivando la línea **CTS**.

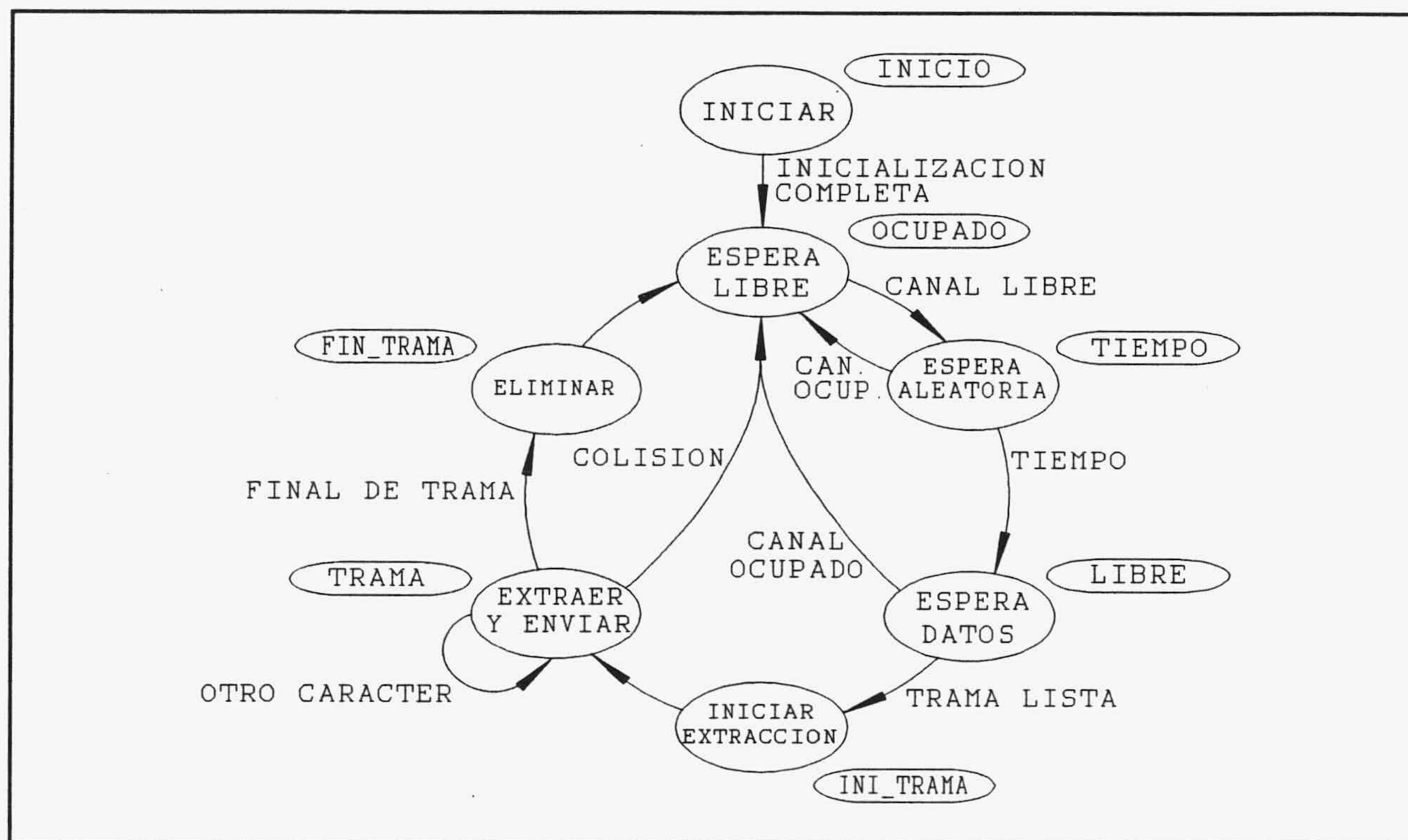


Figura 5.6: Diagrama ASM de la transmisión con detección de colisiones.

Para la transmisión sobre el bus local (Figura 5.6) se utiliza una técnica de acceso con detección de colisiones (*CSMA/CD*). La detección de colisiones durante la transacción provoca la detención de esta y su reintento transcurrido un tiempo: se introduce un estado **TIEMPO** en el que el proceso se detiene durante un tiempo aleatorio que es aumentado dinámicamente con la ocurrencia de colisiones, y disminuido a su valor inicial cuando la

transacción se realiza correctamente. Esta técnica es similar a la utilizada en las redes de área local Ethernet.

5.5.- Ejemplo de colas

La Figura 5.7 representa un ejemplo de como pueden estar construidas las colas de transmisión y recepción. Para mayor claridad se muestran sólo dos colas, una de las de transmisión, la correspondiente a la red local, y otra que ilustra la recepción a través del puerto 1 de comunicación RS-232.

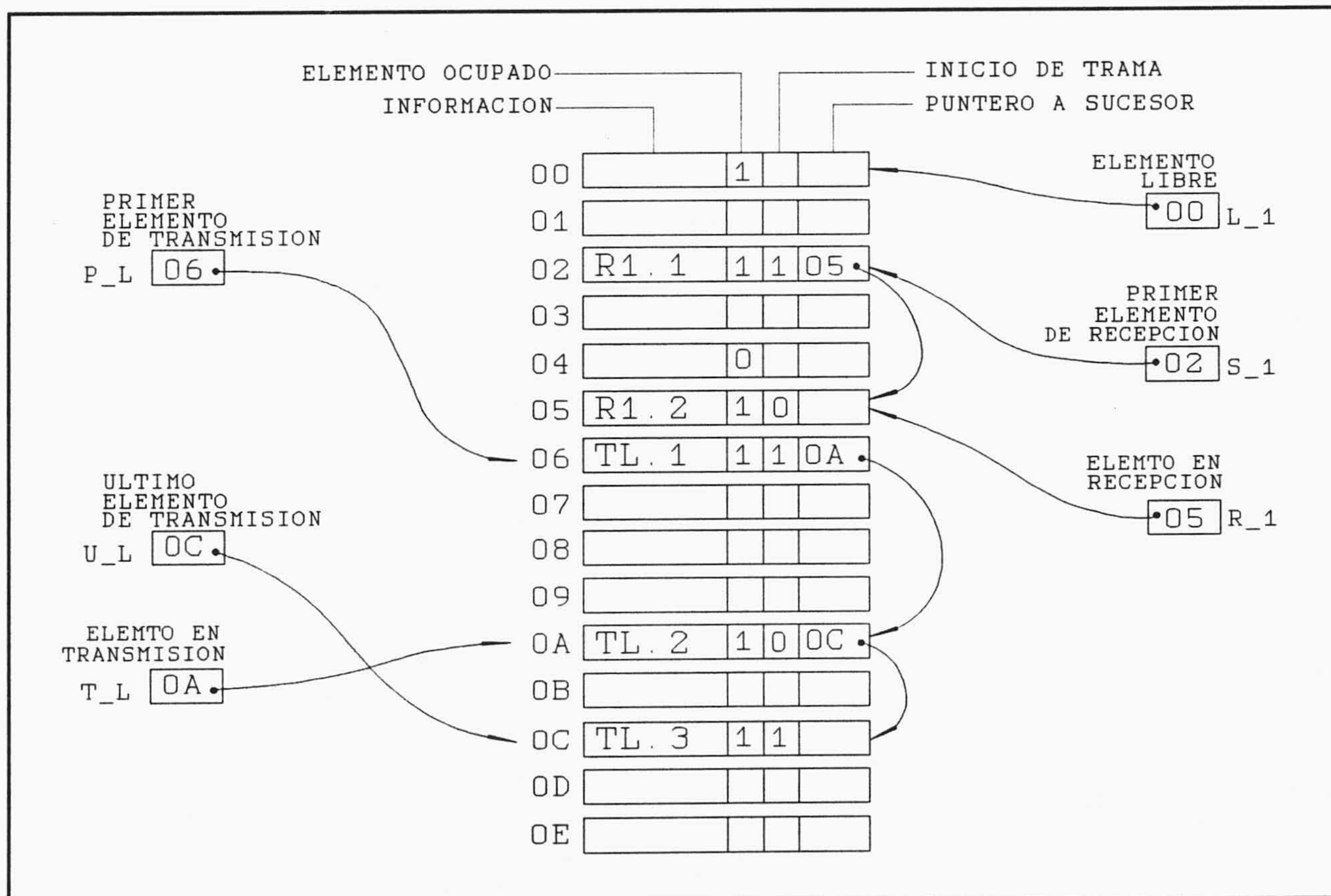


Figura 5.7: Ejemplo de colas de transmisión y recepción.

La cola de transmisión del ejemplo está formada por tres elementos. El primer elemento (06) está apuntado por el PRIMER ELEMENTO DE TRANSMISION PARA EL PUERTO L (P_L), y corresponde al principio de la trama que está siendo transmitida. Esta

trama ocupa dos elementos (06 y 0A) y ya han sido transmitidos los datos almacenados en el primer elemento: el puntero ELEMENTO EN TRANSMISION (T_L) indica que se está realizando la transmisión de los datos del elemento 0A. El elemento 06 no será eliminado de la cola hasta que no haya sido transmitida toda la trama (06 y 0A). Una segunda trama se encuentra en la cola (elemento 0C) a la espera de ser transmitida. Este elemento es el último de la cola, apuntado por ULTIMO ELEMENTO DE TRANSMISION (U_L), lo que permite un rápido encadenamiento de tramas recibidas. La cola de recepción mostrada en el ejemplo está formada por los elementos 02 y 05. El primer elemento es apuntado por el PRIMER ELEMENTO DE RECEPCION (S_1), y el registro ELEMENTO EN RECEPCION (R_1) apunta al ultimo elemento de la cola que está siendo llenado por los datos de la trama en recepción. Otro registro, ELEMENTO LIBRE (L_1), apunta a un elemento vacío (00) que será utilizado como el siguiente en la cola de recepción.

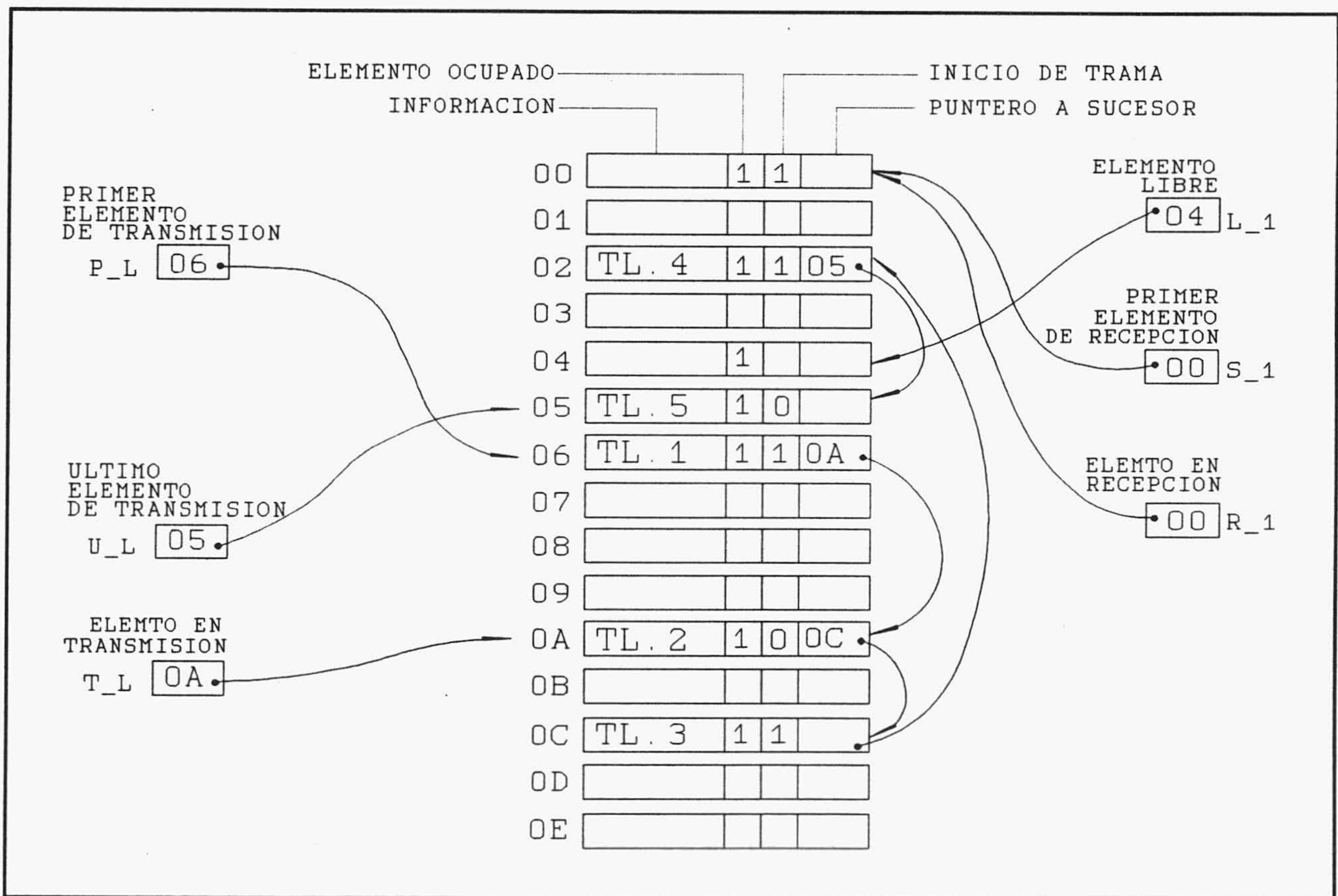


Figura 5.8: Inserción de una trama recibida en la cola de transmisión.

En la Figura 5.8 se muestra la detección del final de la trama en recepción del mismo ejemplo. La trama recibida en los elementos 02 y 05 desde el puerto de comunicación

COM_1 es analizada y redirigida hacia el puerto RS-485 enlazando el último elemento de la cola de transmisión de este (U_L) con el primer elemento de la cola de recepción del COM_1 (R_1). De esta forma, la cola de transmisión queda formada por los cinco elementos 06, 0A, 0C, 02 y 05. En caso de que la cola de transmisión estuviese vacía, se asignará directamente la cola recibida como cola de transmisión.

Por su parte, la cola de recepción del ejemplo quedará vacía con S_1 y R_1 apuntando al elemento 00 entregado por L_1. El procedimiento de búsqueda se encargará de encontrar otro elemento vacío (el 04 en el ejemplo) y asignarlo como elemento libre de la cola. Si durante la recepción de la trama se detectan errores, serán marcados como vacíos los dos elementos de la cola excepto el elemento en recepción, que será reinicializado como primer elemento de la cola.

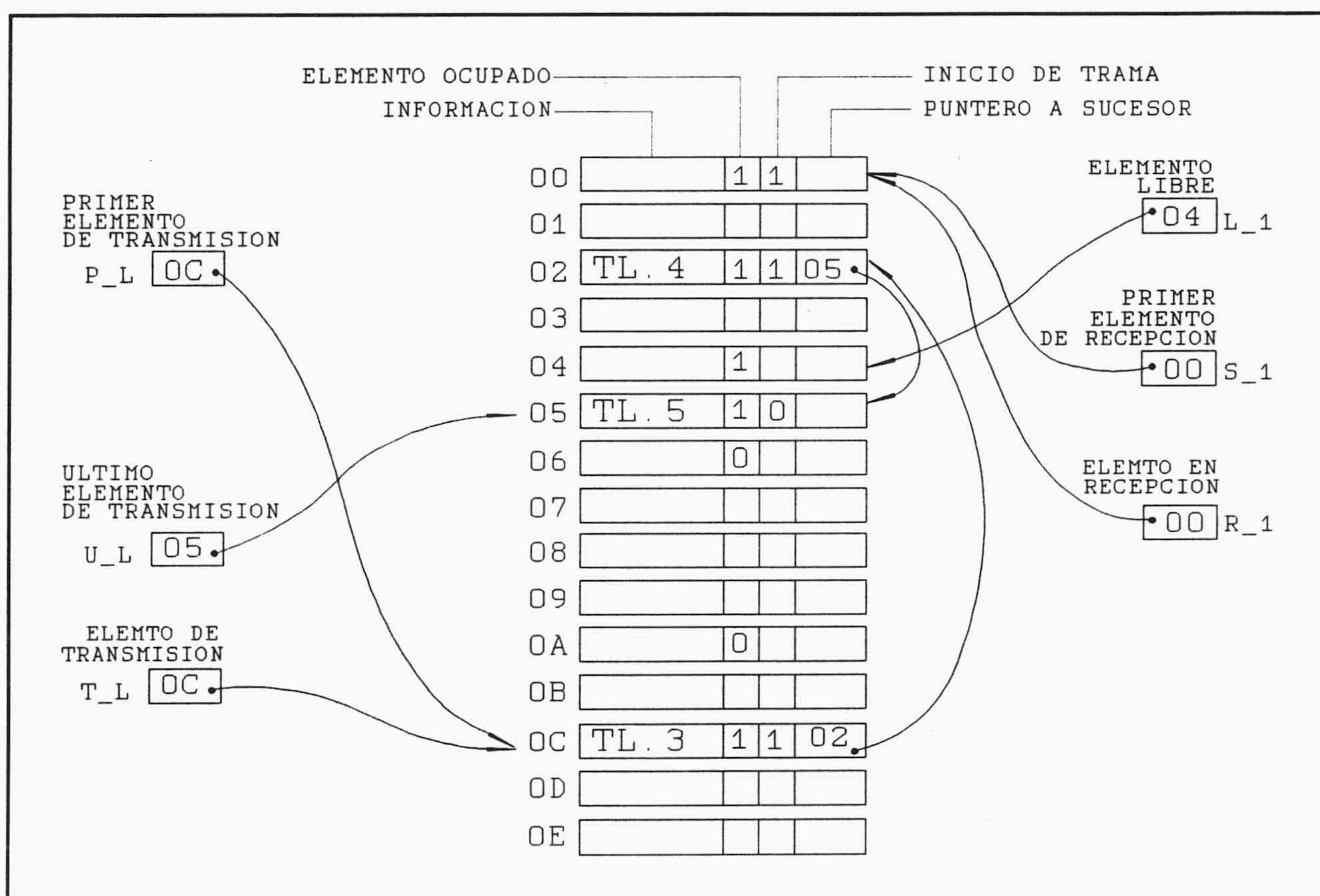


Figura 5.9: Extracción de trama de la cola de transmisión.

La eliminación de los elementos ocupados por una trama transmitida se ilustra en la Figura 5.9. El elemento 0A ya ha sido transmitido y el elemento sucesor (0C) contiene el

inicio de una nueva trama. En esta situación, el proceso de transmisión eliminará los elementos **06** y **0A** de la trama que ha sido transmitida. Para ello se marcan como vacíos esos elementos y se actualiza el puntero **P_L**. Si la trama debe ser retransmitida por detectar colisión en el bus local, bastará con actualizar **T_L** con el contenido de **P_L** sin realizar la eliminación de la trama.

5.6.- Gestión de E/S: la capa de Control

Como se ha visto, el conjunto de entradas y salidas del sistema le confiere características de Equipo Terminal de Datos para el que se define un protocolo en la capa de *Control*, lo que exige la existencia de un interfaz (proceso **GESTION DE E/S**) con la capa de *Red-Enlace*.

Las tramas **PCSPR** dirigidas a una estación con el propósito de acceder a alguna de sus zonas internas (entradas, salidas, configuración, etc.) contienen el identificador de la estación destino en el campo **DESTINO**. Cuando la estación recibe la trama con **DESTINO** igual a su identificador, la trama es redirigida desde **COLAS DE TRAMAS** hacia el proceso **GESTION DE E/S**, donde el campo de **INFORMACION** es analizado según el protocolo **PCSPC** definido para la capa de *Control* (Capítulo II).

El proceso **GESTION DE E/S** se encarga de analizar las tramas de acceso a datos internos contenidas en el campo de **INFORMACION** de los paquetes recibidos a través de la red, realizar las operaciones de lectura y escritura de datos correspondientes y, por último, generar en su caso las tramas de respuesta adecuadas, construyendo con ellas un paquete encaminado convenientemente hacia la estación que solicitó la petición. En la Figura 5.10 se muestra un diagrama de flujo de datos de este proceso.

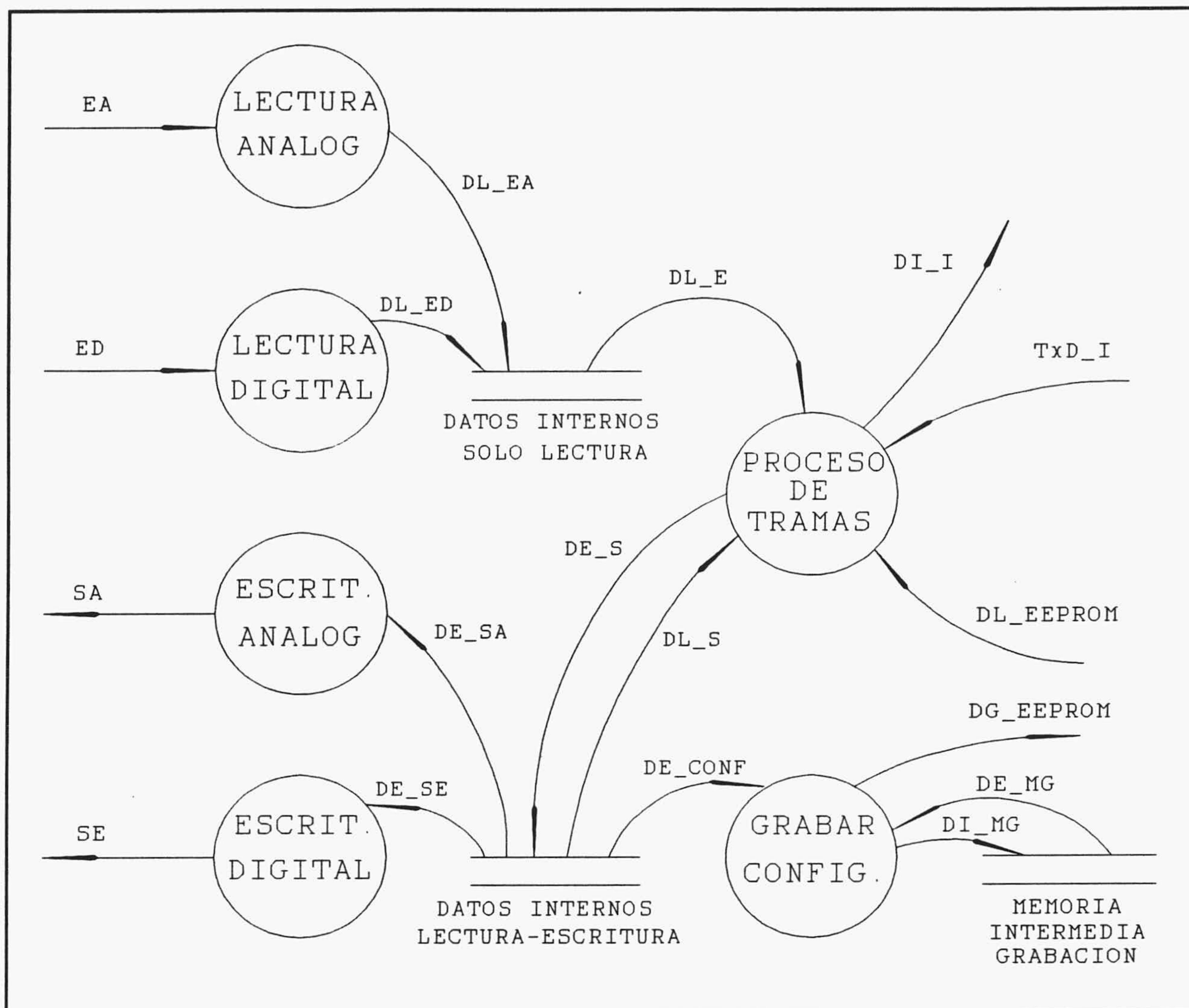


Figura 5.10: DFD del proceso de gestión de Entrada/Salida.

Se han definido dos memorias intermedias imagen de las entradas y salidas del sistema, una de sólo lectura y otra de lectura/escritura de datos, que descargan al núcleo del proceso (**PROCESO DE TRAMAS**) de las tareas de entrada y salida, unificándole los procedimientos de intercambio de información (flujos de datos **DL_E**, **DE_S** y **DL_S**). Estas tareas se llevan a cabo por el resto de los procesos: **LECTURA ANALOGICA**, **LECTURA DIGITAL**, **ESCRITURA ANALOGICA**, **ESCRITURA DIGITAL** y **GRABAR CONFIGURACION**. Este último proceso se introduce para gestionar la escritura de datos en memoria *EEPROM*, puesto que necesita de algoritmos especiales y los tiempos de acceso en escritura son muy grandes.

Capítulo VI.- Algoritmos de conmutación de datos para el radiomodem.

En este capítulo se describe el programa para el radiomodem **Spiral 1200**, realizado en lenguaje ensamblador. El programa es semejante al correspondiente a la tarjeta **SPI16** (Capítulo V), por lo que sólo se tratarán los aspectos particulares del radiomodem, haciendo referencia, siempre que sea posible, a la descripción realizada para **SPI16**.

En la Sección 6.1 se muestra una visión general del flujo de datos que representa al radiomodem, y de los procesos implicados. En la Sección 6.2 se especifica la forma de configurar los parámetros de comunicación para el interfaz con el usuario, y en la Sección 6.3, se detallan las diferencias de tratamiento de las líneas de control para los distintos adaptadores de interfaz diseñados. En la Sección 6.4 se exponen diversos aspectos concernientes al acceso al radioenlace, detallándose en las Secciones 6.5 y 6.6 los procesos vinculados a la transmisión y a la recepción, respectivamente, a través del interfaz con el equipo de radio.

6.1.- Descripción general

El sistema se encarga de tareas de concentración y control de flujo de información entre un interfaz de usuario (COM) y un radioenlace (Figura 6.1).

Los procesos de conmutación de datos son similares a los descritos para la tarjeta SPI16 (Capítulo V), pero en el caso del radiomodem el número de puertos de comunicación implicados es menor (sólo dos puertos). El diagrama de flujo de datos queda reducido en este caso al representado en la Figura 6.2. Los procesos de transmisión y recepción a través del interfaz

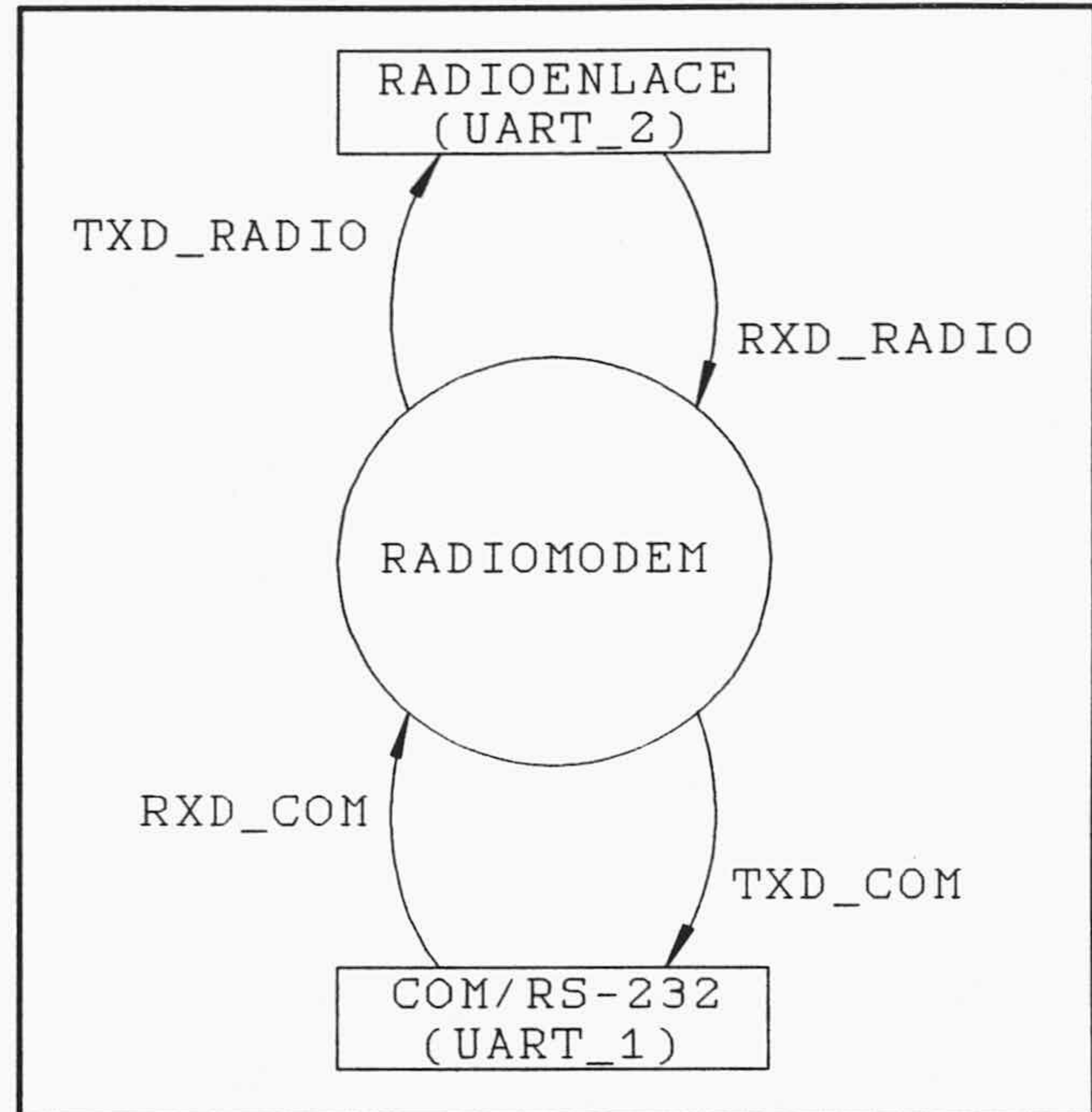


Figura 6.1: DFD del radiomodem.

de usuario no se modifican con respecto a los correspondientes a SPI16, pero la comunicación a través del interfaz con el radioenlace exige añadir procedimientos de control especiales para establecer una estrategia de acceso CSMA, y gestionar la conmutación del equipo de radio, puesto que se utiliza un radioenlace semi-duplex, eliminando ruidos producidos en la recepción al activar y desactivar PTT.

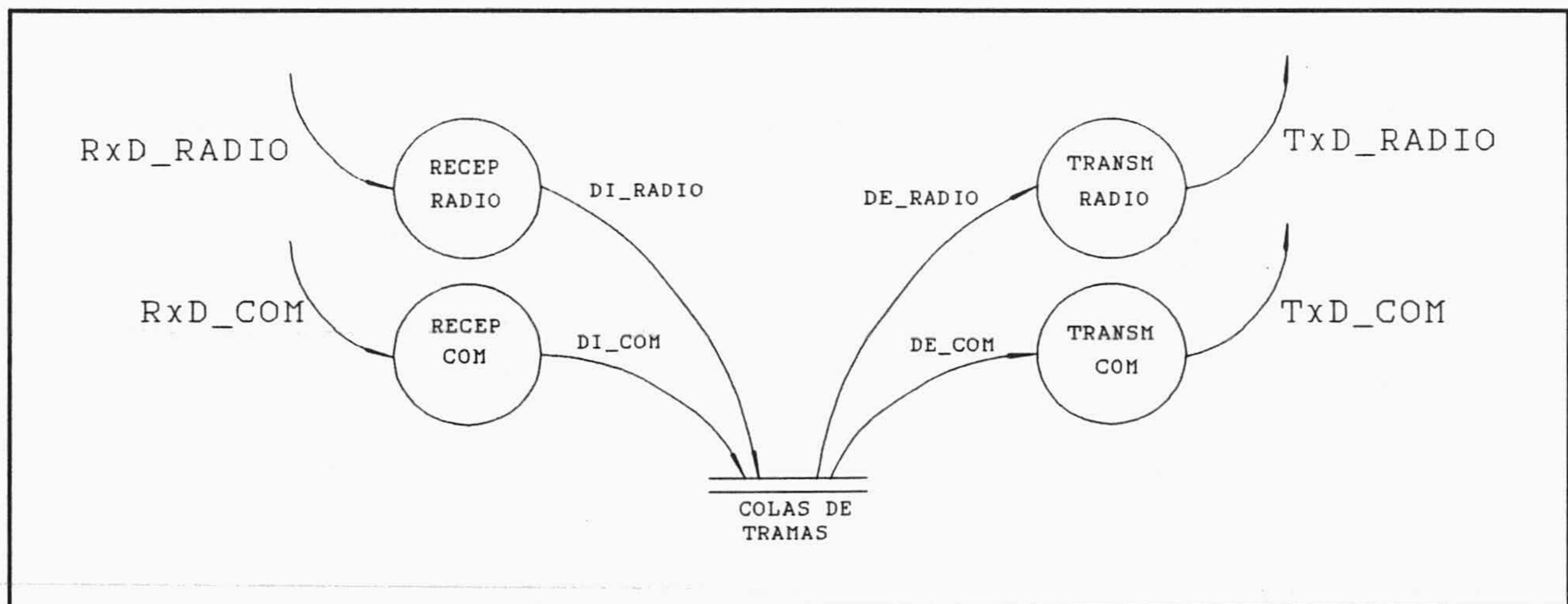


Figura 6.2: DFD detallado del radiomodem.

6.2.- Configuración del interfaz de usuario

El interfaz de usuario (RS-232, etc) posibilita la comunicación full-duplex con el equipo al que se conecta el modem.

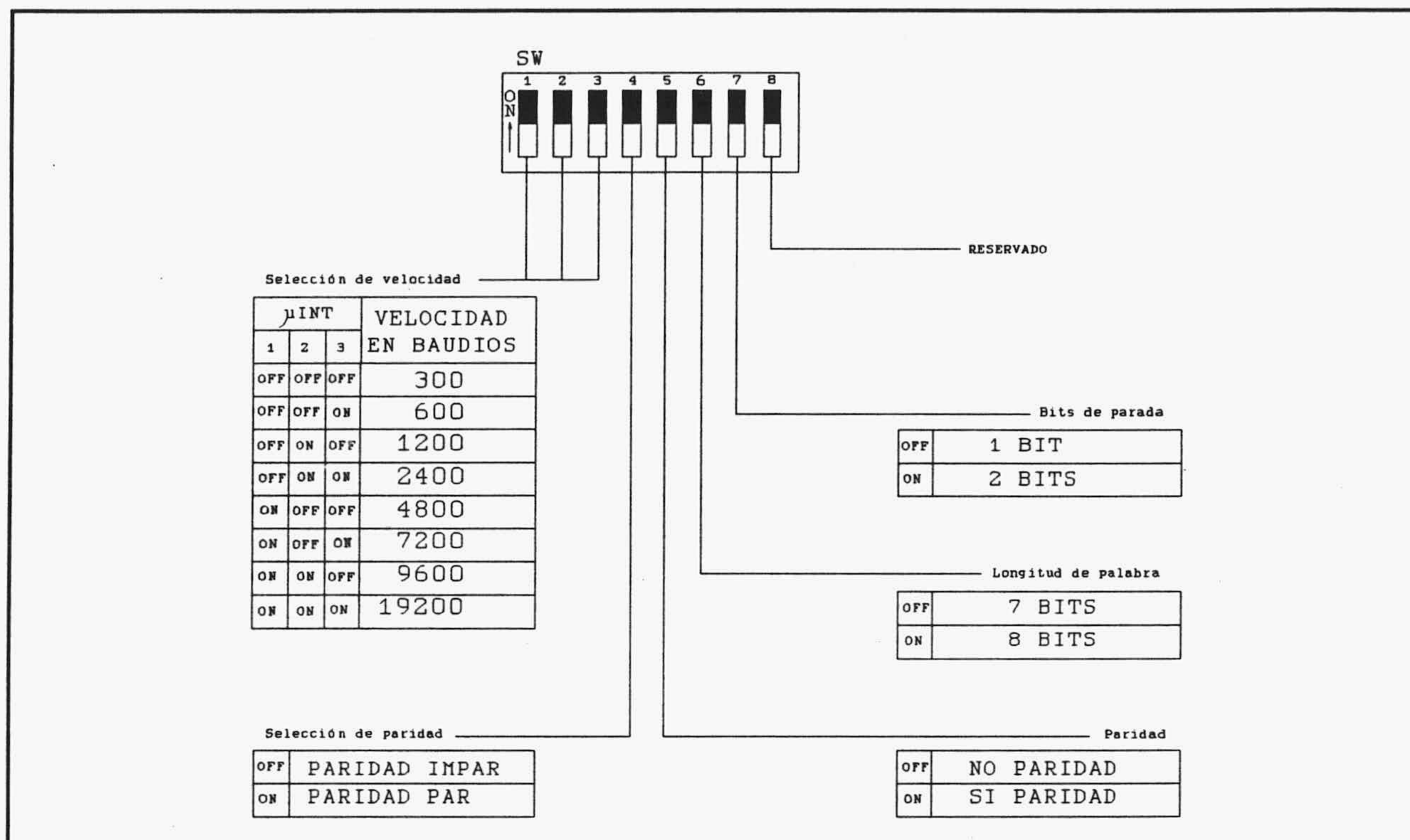


Figura 6.3: Configuración de parámetros de comunicación.

El interfaz se programa con los microinterruptores S1 tal como se muestra en la Figura 6.3, permitiendo configurar los siguientes parámetros:

.Velocidad

.Paridad

.Longitud de palabra

.Número de bits de parada

La configuración puede ser distinta para cada uno de los equipos conectados en red, puesto que se refiere únicamente a los parámetros del interfaz y no a los de la comunicación a través del radioenlace que, como se verá más adelante, son fijos.

6.3.- Control del interfaz de usuario

El modo de funcionamiento del protocolo de control acceso del interfaz depende del tipo de adaptador utilizado (**MOD232**, **TER232**, **RS485** o **XSIEMENS**), que es reconocido por el programa a través de la lectura de las líneas **DSR_2** y **DCD_2**, según se describe en la Tabla IV.3.

Para las tarjetas **MOD232** y **TER232**, la gestión de líneas de control sigue las especificaciones de la norma *RS-232*, considerado el radiomodem como *DCE* (Modem) o como *DTE* (Terminal), respectivamente.

En modo *TERMINAL* (tarjeta **TER232**) la salida **RTS** se activa cuando la cola de transmisión por radio no está vacía, y se desactiva cuando está vacía. Si la entrada **CTS** está activa se permite el envío de caracteres desde la cola de transmisión por radio hacia el interfaz. La desactivación de **CTS** provoca la detención del flujo **TXD_COM**.

En modo *MODEM* (tarjeta **MOD232**) la aceptación de datos desde el interfaz hacia la cola de recepción del *RS-232* sólo se permite cuando la entrada **RTS** está activa. La línea de salida **CTS** se activa cuando en **COLAS DE TRAMAS** no quedan elementos libres, y se desactiva cuando quedan al menos 3 elementos libres.

Para **RS485** se emplea una estrategia *CSMA/CD* como la descrita para el puerto **COM_L** de **SPI16** (Capítulo V).

En la tarjeta **XSIEMENS** se han anulado todas las señales de control, por lo que el protocolo de control de acceso no interviene en la comunicación. El programa la trata de la misma forma que a la tarjeta **TER232** (modo terminal).

6.4.- El interfaz con el radioenlace

Como se ha indicado, el sistema utiliza un modem *FSK* de 1200 baudios para comunicar la **UART_2** con la radio. La comunicación de datos se efectuará, por tanto, a esa velocidad, con los siguientes parámetros:

VELOCIDAD	<i>1200 BAUDIOS</i>
Nº DE BITS POR CARACTER	<i>8</i>
Nº DE BITS DE PARADA	<i>1</i>
PARIDAD	<i>IMPAR</i>

Para disminuir las pérdidas de información debidas a la ocurrencia de errores de comunicación, durante el envío por radio los datos se agrupan en paquetes de longitud máxima 128 caracteres, con el formato:

<i>NUL</i>	<i>STX</i>	<i>INFORMACION</i>	<i>ETX</i>
------------	------------	--------------------	------------

Se utiliza un protocolo orientado a carácter, empleando cinco caracteres especiales de control: **NUL**, **STX**, **ETX**, **SYN** y **ESC**.

La trama comienza con una cabecera formada por la secuencia **NUL-STX**. A continuación se transmiten los datos en el campo **INFORMACION**. En este campo pueden aparecer caracteres especiales reservados para el control de la trama, por lo que serán marcados; anteponiendo el carácter de escape de control **ESC**, para evitar su interpretación como caracteres de control.

El carácter **SYN** se utiliza para evitar discontinuidades en la transmisión cuando los datos llegan espaciadamente desde el interfaz de usuario, que serían interpretados por el receptor como rupturas en la trama y le obligarían a desechar el resto de los datos del paquete. Pueden insertarse hasta un máximo de cinco caracteres **SYN** mientras se espera la llegada de un dato a transmitir. Transcurrida esta espera, el campo de información se da por finalizado.

El final de la trama se delimita enviando un carácter **ETX**, aunque el receptor admitirá también la detección de una discontinuidad como fin de trama.

En la Figura 6.4 se muestra un ejemplo de trama.

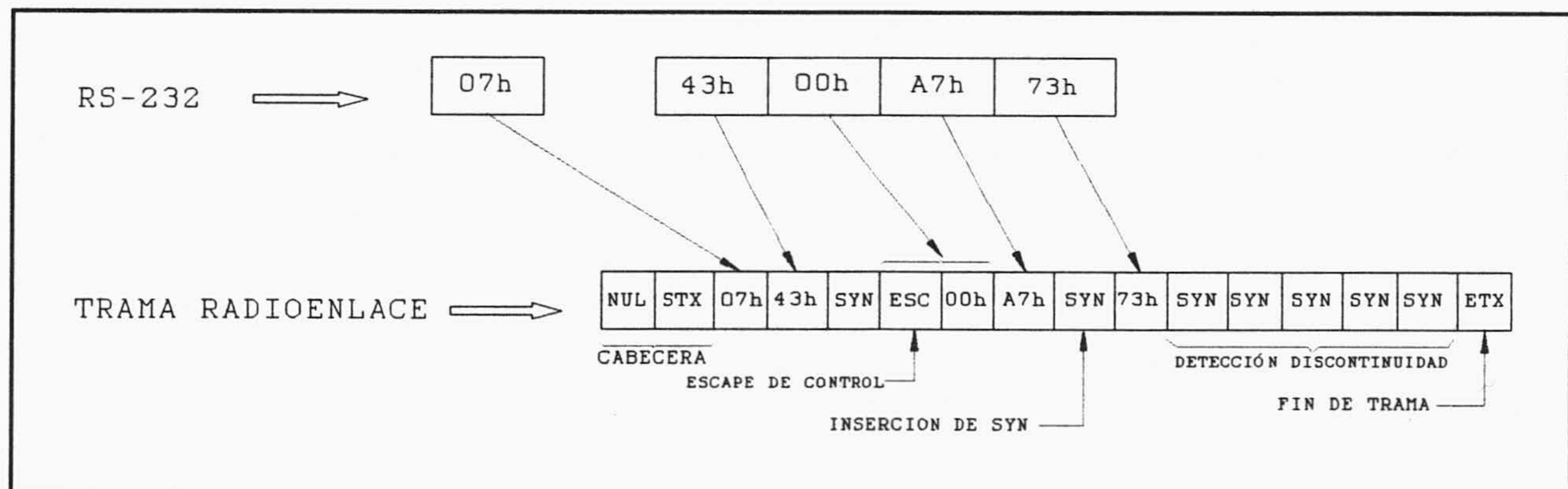


Figura 6.4: Ejemplo de trama en el radioenlace.

6.5.- Transmisión a través del radioenlace

El proceso de transmisión (**TRANSM_RADIO**), Figura 6.2, permite el vaciado de la cola de transmisión por radio hacia el registro de transmisión de datos **TXD** de la **UART_2** asociada al radioenlace.

Como se utiliza un único canal de radiofrecuencia tanto para la recepción como para la transmisión de varias estaciones, la comunicación es semiduplex y se utilizan técnicas *CSMA* para compartir el radioenlace. Cuando una estación dispone de datos acumulados pendientes de transmisión, espera a que el canal quede libre para iniciar su emisión. Para disminuir la probabilidad de colisión en caso de que varias estaciones esperen a que el canal quede libre para enviar simultáneamente sus datos, se introduce un tiempo aleatorio de espera después de que el canal quede libre.

Cuando una estación comienza a emitir, espera un tiempo suficiente para permitir la conmutación, y comienza a transmitir los datos formateados en tramas consecutivas hasta el vaciado de la cola de transmisión. Cuando una trama ha sido transmitida, se hace una pausa transmitiendo portadora en estado de *marca* durante un tiempo equivalente a la transmisión de dos caracteres, con la finalidad de posibilitar la resincronización del receptor en caso de pérdida de sincronismo (error de *framing*).

Para evitar que una estación monopolice el acceso al radioenlace se ha limitado el tiempo máximo de ocupación consecutiva del canal a la transmisión de 10 tramas (12 segundos aproximadamente), obligando a mantener un segundo de silencio después de desocupar el canal para dar más prioridad de acceso al resto de las estaciones.

La extracción de datos de la cola (**DE_RADIO**) se realiza de forma idéntica a la descrita en el Capítulo V. La gestión de la transmisión hacia el radioenlace (**TXD_RADIO**) se lleva a cabo tal y como representa el diagrama ASM de la Figura 6.5.

La fase de inicialización deja al proceso de transmisión en el estado **CSMA** con su correspondiente cola vacía. En este estado permanece mientras se detecte portadora (**CTS**

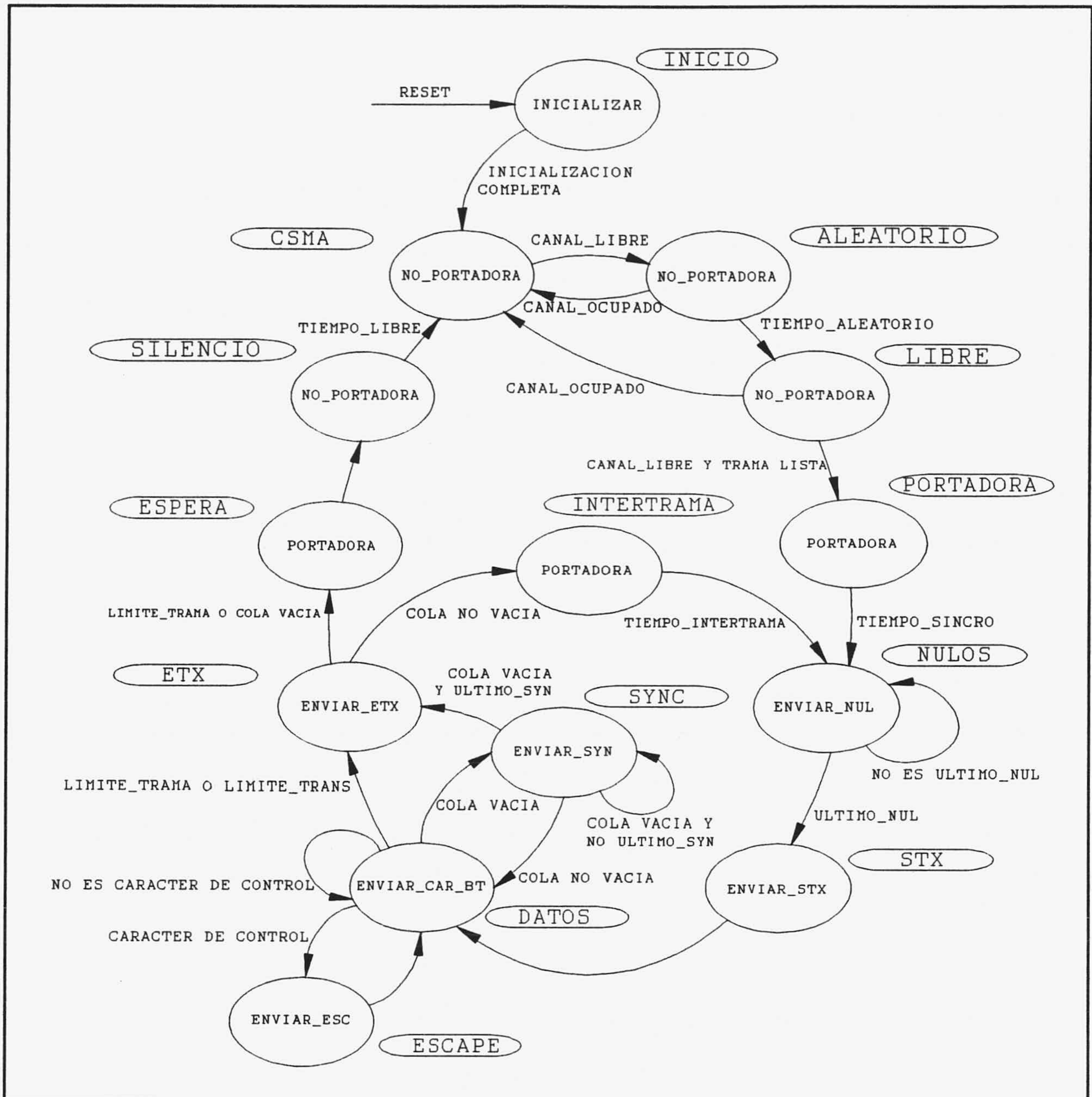


Figura 6.5: Diagrama ASM del proceso TRANSM_RADIO.

activo), que indica la ocupación del canal por parte de otra estación. En el momento en que quede libre, el proceso pasa al estado **ALEATORIO**, que permite mantener sin portadora al canal durante un tiempo aleatorio, que se incrementa con la ocurrencia de colisiones, para disminuir la probabilidad de producirse colisiones entre las estaciones que estén a la espera de transmitir datos (*CSMA no persistente*). Si durante este tiempo se detecta portadora, vuelve al estado **CSMA**.

Después de ese tiempo aleatorio, el proceso pasa al estado **LIBRE**, en el cual es posible iniciar una transacción en cuanto la cola de transmisión por radio deje de estar vacía. Si en el estado **LIBRE** se detecta portadora en el canal, entonces el proceso regresa al estado **CSMA**.

Iniciada la transacción, y puesto que el radioenlace es semiduplex, deja de intervenir la detección de portadora. Durante cierto tiempo, en el estado **PORTADORA**, se mantiene el transmisor activado transmitiendo el tono de *marca* del modulador, lo que permite al receptor sincronizarse correctamente después de los ruidos de conmutación de la radio. Este tiempo deberá ser suficiente para mantener el tono en recepción de manera estable durante al menos la duración de un carácter, y dependerá de las características de conmutación entre la transmisión y la recepción del equipo de radio (entre 0.2 y 0.8 segundos para los modelos que han sido utilizados).

La cabecera de la trama se envía en los siguientes dos estados: **NULOS** y **STX**.

Para el campo de **DATOS** el proceso utiliza tres estados. El estado **DATOS** realiza la extracción y transmisión de los caracteres de la cola, el estado **ESCAPE** permite la inserción de un carácter **ESC** delante de los caracteres de control, y el estado **SYNC** establece la continuidad de la transmisión de datos con el envío de caracteres **SYN** cuando la cola queda momentáneamente vacía, determinando además el tiempo máximo de espera de nuevos caracteres a transmitir para ser incluidos en la transacción actual.

La trama puede finalizar por tres motivos:

a) Por estar la cola de transmisión vacía, tal y como se ha descrito, durante un tiempo determinado por el máximo número de caracteres **SYN** consecutivos insertados a la trama. Esto a su vez causará la finalización de la transacción.

b) Por la limitación impuesta en el tiempo máximo de ocupación continuada del canal, determinado por el número máximo de caracteres enviados en una transacción. En este caso también finalizara la transacción.

c) Por el número máximo de caracteres que se permite enviar en una misma trama. Esta condición se impone para minimizar la tasa de errores de comunicación. El receptor rechazará toda trama donde haya sido detectado algún error de recepción, por lo que el número de caracteres perdidos será mayor cuanto mayor sea el tamaño de la trama. La elección del tamaño de la trama exige un compromiso entre esta argumentación y el aumento de tiempo introducido en el formateado de tramas.

La trama finaliza con el envío del carácter **ETX**. Si no finaliza la transacción, en el estado **INTERTRAMA** se mantiene la portadora en *marca* durante al menos el tiempo de duración de un carácter para asegurar la sincronización del receptor.

Finalizada la transacción, se desactiva el transmisor y el proceso entra en el estado **SILENCIO** que establece un tiempo mínimo de espera entre dos transacciones consecutivas para disminuir la prioridad de acceso al radiomodem que acaba de transmitir, volviendo finalmente al estado **CSMA**.

6.6.- Recepción a través del radioenlace

El proceso de recepción por radio (**RECEP_RADIO**) gestiona el llenado de la cola de recepción por radio con los caracteres recibidos a través del radioenlace.

Las transiciones entre estados se producen como servicios de interrupción de recepción de la **UART_2** asociada al radioenlace, y con la condición **T_OUT** de detección de ruptura en la recepción, generada en el programa principal cada vez que se dejan de recibir datos durante un tiempo predeterminado.

Esta condición permite detener la inserción de caracteres para tramas que por error se reciban discontinuas.

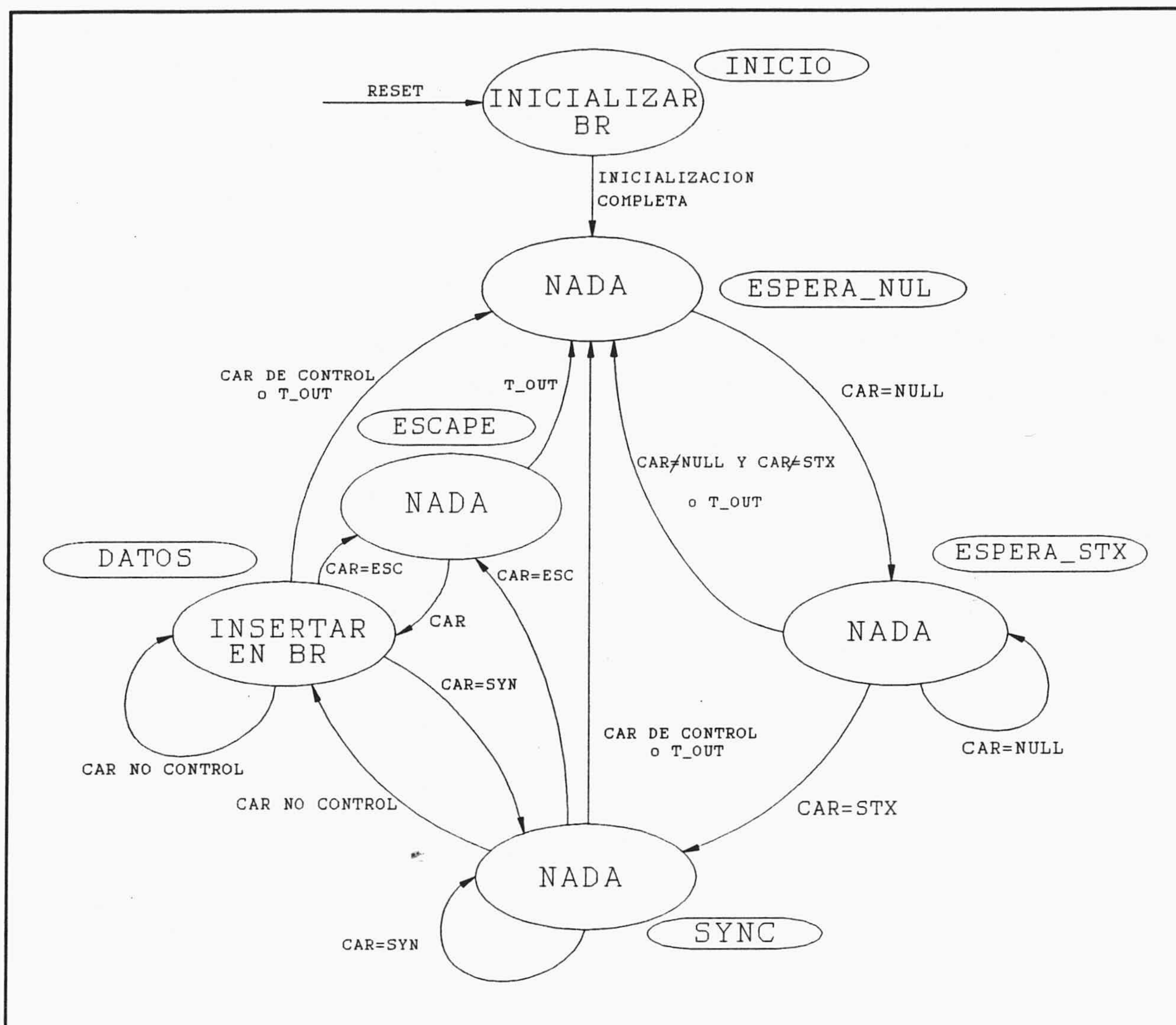


Figura 6.6: Diagrama ASM del proceso **RECEP_RADIO**.

La Figura 6.6 muestra un diagrama ASM del proceso de recepción por radio. En la inicialización es vaciada la cola y son habilitadas las interrupciones de recepción de la **UART_2**.

El proceso pasa al estado **ESPERA_NUL**, permaneciendo en el hasta que se reciba un carácter **NUL**, pasando entonces al estado **ESPERA_STX**.

En este estado se espera la recepción de un carácter **STX** o de otro carácter **NUL**. En este último caso el proceso permanece en el mismo estado, admitiendo como inicio de trama cualquier número de caracteres **NUL** consecutivos seguidos de un carácter **STX**. La recepción en este estado del carácter **STX** provoca la transición hacia el estado **SYNC**.

El estado **SYNC** se encarga de eliminar los caracteres **SYN** insertados en la trama por el transmisor para mantener la continuidad. En el estado **DATOS** se reciben los caracteres del campo de datos de la trama, pasando al estado **ESCAPE** con la recepción de un carácter **ESC**, evitando que el siguiente carácter recibido sea interpretado como carácter de control.

La trama se dará por finalizada cuando se reciba un carácter de control distinto de **SYN** y **ESC** y no este precedido de un **ESC** interpretado como carácter de control, o cuando se detecte una ruptura (discontinuidad) en la trama recibida.

Capítulo VII.- Programa SCADA (Control de supervisión y adquisición de datos)

En este capítulo se describe el programa de control de supervisión y adquisición de datos (*SCADA*) [Par 89] [Rey 89] configurable por el usuario, realizado para ser instalado en aplicaciones de la red de radiomodem *SPIRAL* y permitir una adecuada interacción con el proceso a supervisar. En la Sección 7.1 se hace una descripción general del programa *SCADA SPIRAL*, estructurado en tres módulos: módulo de ejecución (*Run-Time*), módulo de edición de aplicaciones y módulo de comunicaciones (*Driver*). En la Sección 7.2 se analiza el módulo de ejecución, que se encarga, en tiempo real, de las tareas de supervisión, control y adquisición, correspondientes a la capa de aplicación. En la Sección 7.3 se examina el módulo de comunicaciones, que proporciona los servicios de conexión a través de la red de radiomodems *SPIRAL*. Y por último, en la Sección 7.4 se describe el editor de aplicaciones, que permite definir las variables del proceso y el tratamiento que recibirán.

Se ha realizado una versión de los programas en lenguaje *C* para el sistema operativo *MS-DOS*, y un módulo de comunicaciones bajo entorno *Windows* con interfaz *DDE* que permite comunicarse con diversos programas *SCADA* comerciales. En la actualidad, está siendo desarrollado un módulo de ejecución con edición interactiva en tiempo real bajo entorno *Windows*. La descripción que se hace a continuación corresponde a la versión realizada para *MS-DOS*.

7.1.- Descripción general

En los sistemas de control basados en controladores lógicos programables (PLC's) las necesidades de supervisión se han cubierto hasta hace poco tiempo con la utilización de grandes paneles de control y cuadros sinópticos repletos de señalizadores luminosos, instrumentos de panel y pulsadores o interruptores de actuación sobre el proceso. Sin embargo, la evolución de los procesos industriales demanda día a día sistemas de control más precisos y flexibles cuyas necesidades de control no se solucionan adecuadamente con los grandes paneles de control mencionados. Es preciso disponer de sistemas de supervisión inteligentes con un adecuado interfaz Hombre-Máquina (MMI) que permitan al operador interactuar con el proceso. La evolución de las redes de comunicación industrial y de los ordenadores personales ha aportado una solución de bajo coste, capaz de cubrir el ámbito de aplicación en instalaciones cuyo control se basa en la utilización de autómatas programables.

Con el fin de disponer de un sistema de control de supervisión apropiado a las características de la red **SPIRAL**, se ha desarrollado un programa **SCADA** que permite realizar, bajo el entorno representado en el diagrama de contexto de la Figura 7.1, las funciones de control de supervisión de un proceso con el que se comunica a través de alguno de los puertos de comunicación del computador, integrando las siguientes tareas:

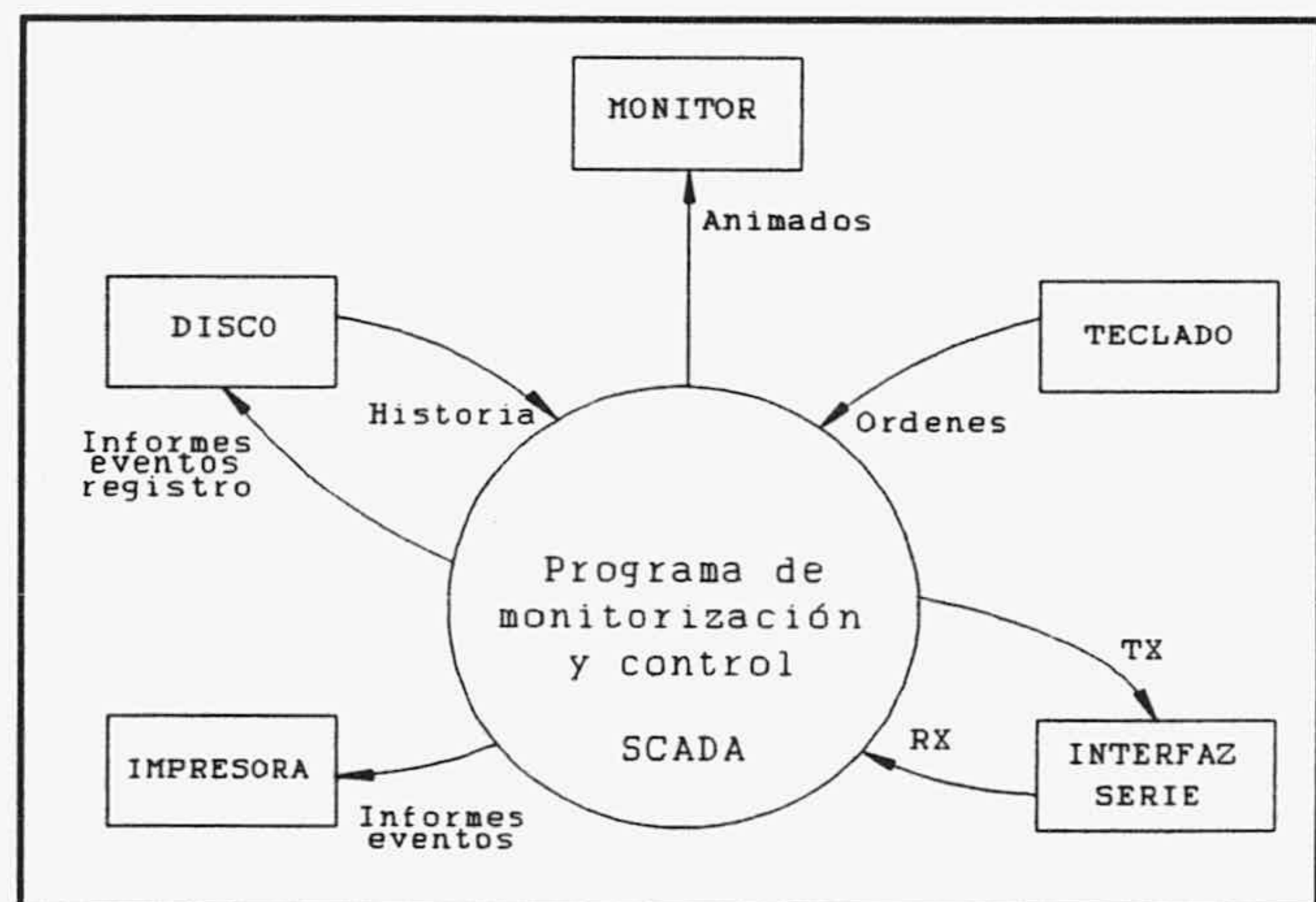


Figura 7.1: DFD general del sistema SCADA.

.Supervisión: se abre una ventana al proceso mediante la cual el operador observa la evolución del proceso en un monitor gráfico, obteniendo información en tiempo real sobre su estado mediante representaciones adecuadas de los parámetros y variables que lo definen, en forma de esquema sinóptico o por representación de instrumentos de panel que muestran los valores de las variables del proceso. Además es capaz de alertar al operador ante situaciones de alarma, orientándolo, mediante mensajes de ayuda, en las acciones a realizar.

Los eventos de cambio en el estado de alarmas y excepciones internas del programa se imprimen en tiempo real y son almacenados en archivos históricos para su posterior procesamiento. Además, pueden generarse informes para escribir en impresora o disco, lo que permite un conocimiento óptimo del funcionamiento y evolución del proceso.

.Control: para la modificación de parámetros de control y consignas de regulación, de forma automática o por ordenes del operador ejercidas mediante una estructura de menús. El uso de un monitor y un teclado o dispositivo señalador le permiten al operador actuar de forma interactiva sobre el proceso.

.Adquisición: permite leer y almacenar en archivos de registro periódico los valores de las variables del proceso para un posterior análisis de su evolución.

Además posee funciones de diseño (edición de aplicaciones) que permiten crear de forma sencilla los sinópticos que aparecerán en la pantalla, y la asociación de diferentes iconos a las variables del proceso para el refresco dinámico de los sinópticos (animación).

Como muestra el diagrama de la Figura 7.2, el programa se ha estructurado en tres módulos:

-Módulo de Ejecución en Tiempo Real (Run-Time): ofrece servicios de animación, menús de ordenes, tratamiento de alarmas, almacenamiento de datos en disco, e informes (en la forma definida con el módulo de edición), y permite la realización, en lenguaje C, de un programa de tratamiento de variables para ser compilado conjuntamente con el módulo de ejecución, generándose un archivo ejecutable en tiempo real. Se encarga además de la *actualización* continua de la Memoria de Variables con los datos obtenidos mediante sondeo y de establecer las conexiones de *forzado* de variables remotas, gestionando el enlace con los módulos de comunicaciones. Como puede verse en la Figura 7.2, este módulo corresponde a las capas superiores del modelo de capas utilizado (Capítulo II).

-Módulos de comunicaciones (Drivers): resuelven las tareas de comunicación con los dispositivos o redes de dispositivos de control, proporcionando al módulo de ejecución los

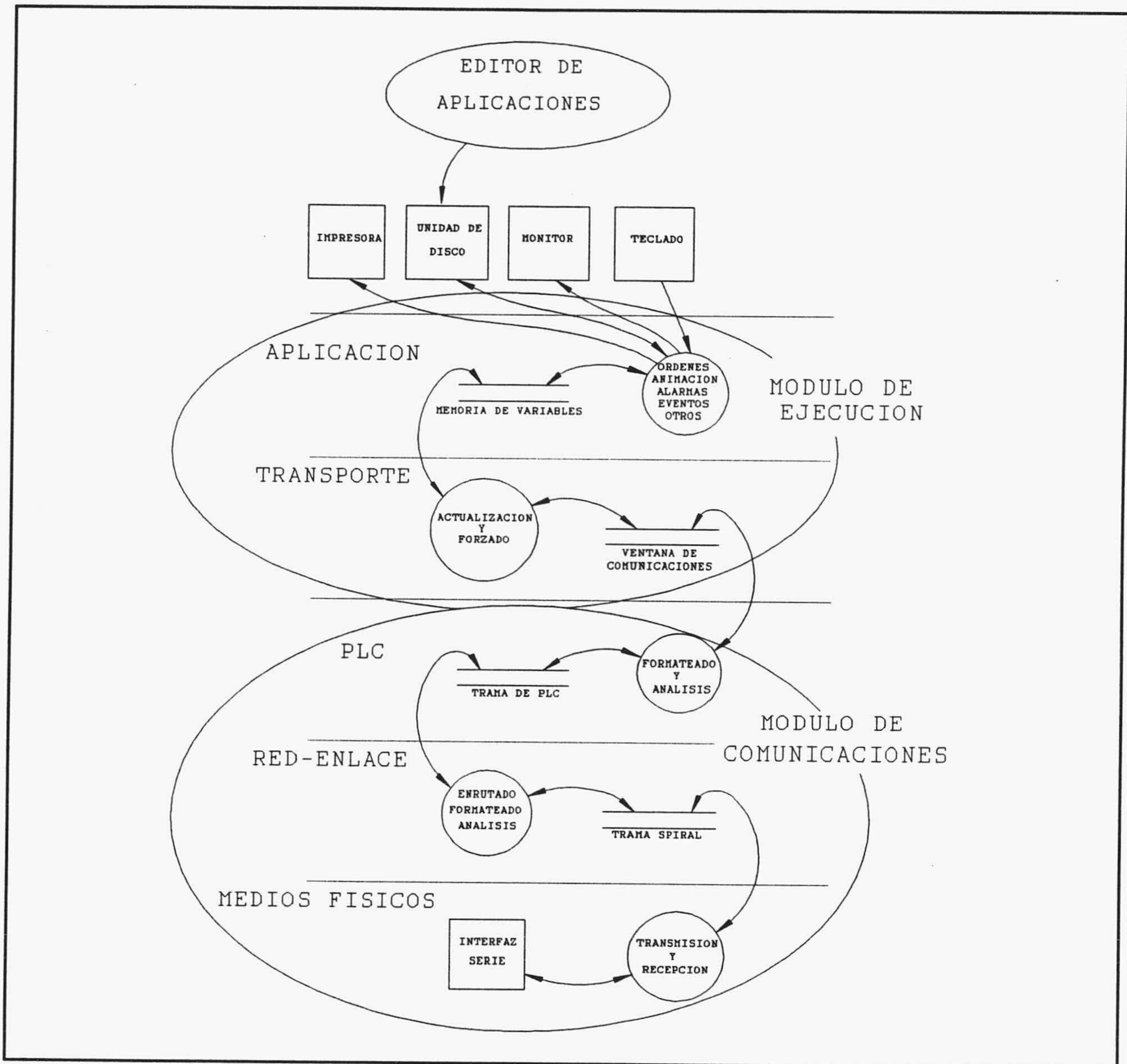


Figura 7.2: DFD detallado del sistema SCADA.

servicios correspondientes a las capas de comunicación del modelo (Figura 7.2). Se ha realizado un módulo de comunicaciones para la red de radiomodem **SPIRAL** que permite conexiones con diversos protocolos de PLC comerciales. Además, el interfaz de este módulo con el de ejecución se ha adaptado a otros programas SCADA comerciales para poder gestionar con ellos la red de radiomodem **SPIRAL**.

-Módulo de edición: ofrece servicios de edición para configurar la aplicación, permitiendo confeccionar una imagen virtual del proceso a supervisar.

En los siguientes epígrafes se hace una descripción más detallada de las tareas asignadas a cada uno de los módulos.

7.2.- Módulo de ejecución (Run-Time)

El módulo de ejecución ha sido estructurado en torno a una base de datos imagen del proceso a supervisar (*Memoria de Variables*), sobre la que acceden las distintas tareas de animación, gestión de alarmas, eventos, etc. Las variables se representan internamente sobre una matriz formada por un conjunto de datos que contienen los atributos correspondientes a cada una de las variables, según se muestra en la Tabla VII.1.

<i>CAMPO</i>	<i>TIPO</i>	<i>LONGITUD</i> <i>(en octetos)</i>	<i>FUNCION</i>
<i>NOMVAR</i>	<i>Cadena</i>	<i>8</i>	<i>Nombre de variable</i>
<i>TIPOVAR</i>	<i>Entero</i>	<i>2</i>	<i>Tipo de variable</i>
<i>UNLOG</i>	<i>Entero</i>	<i>2</i>	<i>Unidad lógica</i>
<i>IDEST</i>	<i>Entero</i>	<i>2</i>	<i>Id.Estación</i>
<i>DIRVAR</i>	<i>Entero</i>	<i>2</i>	<i>Dirección de variable</i>
<i>BIT</i>	<i>Byte</i>	<i>1</i>	<i>Bit</i>
<i>VALOR</i>	<i>-</i>	<i>18</i>	<i>Valor de variable</i>
<i>VALIDA</i>	<i>Carácter</i>	<i>1</i>	<i>Estado de validez</i>

Tabla VII.1: Representación de una variable de la Memoria de Variables.

Los dos últimos campos contienen la información en tiempo real de la variable. El valor que toma la variable se almacena en el campo VALOR, y la validez de este queda

establecida por el campo VALIDA, que tomará un valor de error cuando no se haya establecido o se pierda la comunicación de actualización correspondiente a esta variable.

Los cuatro primeros campos corresponden a la definición de la variable, y su información es extraída del fichero de configuración de variables (Tabla C.1) generado con el editor de aplicaciones.

El Campo TIPOVAR identifica los distintos tipos de variables que pueden definirse: DISCRETO, BYTE, ENTERO, ENTERO LARGO, REAL SIMPLE, REAL DOBLE, CADENA ALFANUMERICA, HORA Y FECHA.

El campo de Unidad Lógica (UNLOG) determina el módulo que gestiona la comunicación con la estación remota a la que corresponde la variable, posibilitando el uso de varios módulos de comunicaciones en una misma aplicación. La unidad lógica cero indica que la variable es interna, y no recibe tratamiento alguno por parte del proceso de transporte. El resto de valores corresponden a variables a las cuales se accede a través de la ventana de comunicaciones, e identifican el módulo implicado en el enlace con la estación asociada a la variable. La información que identifica a la variable (IDEST, DIRVAR Y BIT) es entregada al módulo de comunicaciones correspondiente, en las conexiones de transporte, a través de la Ventana de Comunicaciones (Figura 7.2).

Como se ha dicho, el módulo de ejecución se encarga de las tareas de interacción con el operador. La información gráfica es mostrada sobre un monitor superpuesta sobre las pantallas de fondo (como la representada en la Figura 7.3) editadas para representación sinóptica, instrumentación de panel, etc.

La aplicación puede estar organizada sobre una o varias pantallas de fondo seleccionadas con el editor de la aplicación, de forma que a cada una de ellas se le asocia un conjunto de animaciones (representación gráfica en tiempo real del valor de una variable) y un menú de órdenes que permite interactuar sobre el sistema. Además de las pantallas de fondo mencionadas, el programa puede representar alarmas e informes sobre pantallas de fondo genéricas que no han de ser editadas para cada aplicación específica. La salida por

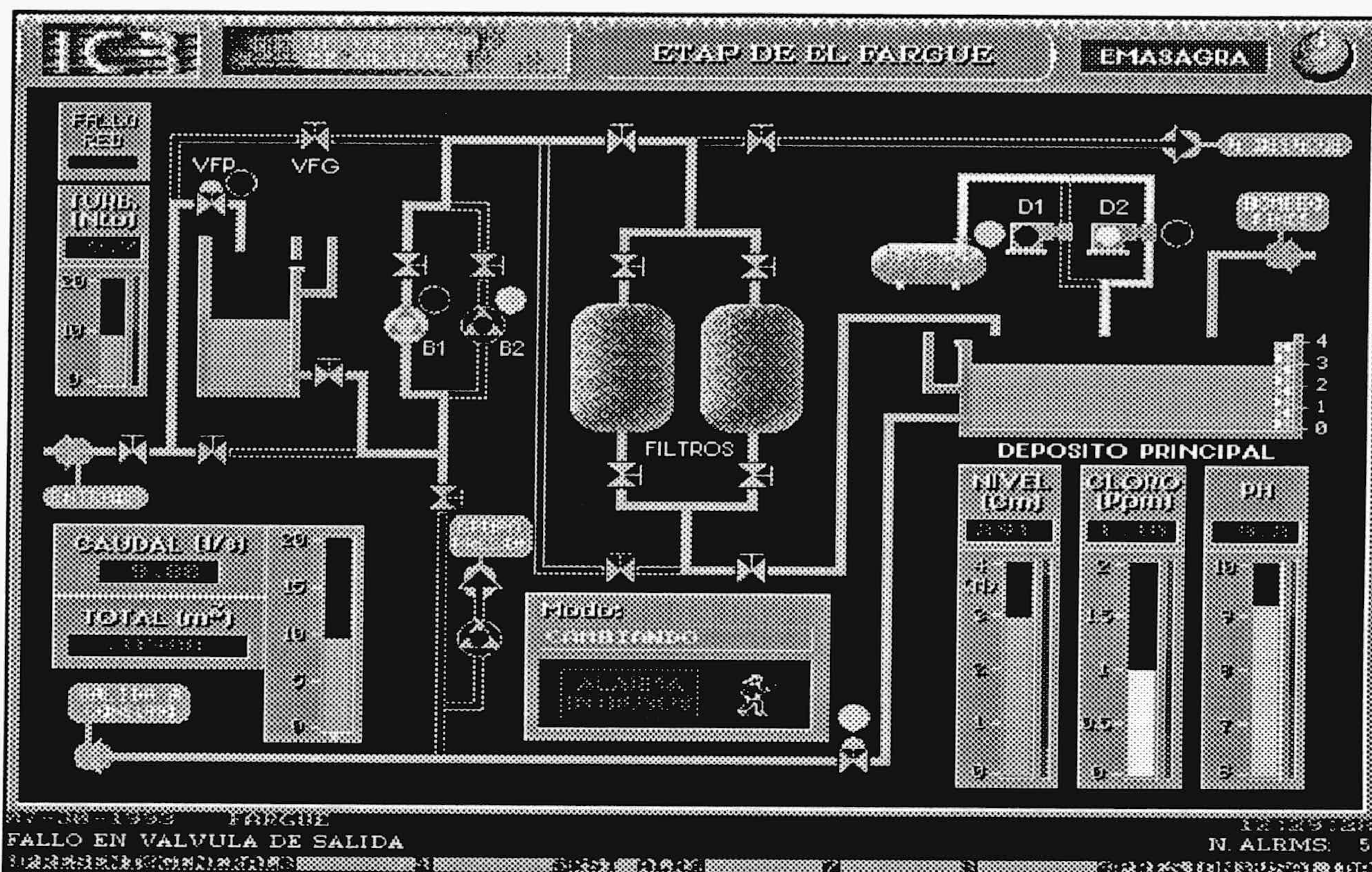


Figura 7.3: Pantalla sinóptica y de instrumentación de la Estación de Tratamiento de Agua Potable de El Fargue.

impresora de eventos e informes permite tener constancia escrita de la evolución del proceso. Esta información es a su vez almacenada en disco para su análisis posterior.

Estas tareas son realizadas por los siguientes procesos:

- a) *Animación gráfica*: Representación en tiempo real de variables de proceso.
- b) *Ordenes*: Ejecución de ordenes de operación introducidas mediante teclado o dispositivo señalador (ratón).
- c) *Gestión de Alarmas y Eventos*: Representación de alarmas activas y eventos (cambios en estado de alarmas), así como almacenamiento en disco y salida por impresora.
- d) *Registro periódico*: Almacenamiento periódico del valor de variables de proceso.

e) *Gestión de transporte*: Se encarga de gestionar las conexiones de actualización y forzado, enlazando el módulo de ejecución con los módulos de comunicaciones.

En el Apéndice C se resume la representación interna de los ficheros de configuración de la aplicación, haciéndose algunas referencias a campos correspondientes a dicha representación en los siguientes epígrafes, donde se describen con más detalle cada uno de los procesos mencionados.

7.2.1.- Animación gráfica

Consiste en la generación de determinadas representaciones gráficas asociadas con variables definidas en la aplicación, y que permitirán el refresco dinámico de las pantallas sinópticas y de instrumentación de panel. La configuración de la animación se extrae del fichero *NombreAplicación.ANI* generado por el módulo de edición, y descrito en las tablas C.2 a C.10 del Apéndice C. En la Figura 7.4 se muestran algunos ejemplos de animación sobre la pantalla sinóptica correspondiente a la ETAP El Fargue.

Se han elaborado siete tipos de animaciones:

- *Rellena*: Se rellena una zona delimitada por un contorno cerrado determinado por un color de borde definido en la configuración (COLB), que encierra al punto de referencia (r_1). El color de relleno depende del valor de la variable, definiéndose un color para el valor CIERTO (COLT) y otro para el valor FALSO (COLF). Permite la representación sobre sinópticos del estado de diversos dispositivos tales como bombas, válvulas, etc, así como la existencia de fluidos en depósitos o tuberías para obtener una imagen que describa los flujos correspondientes (Ver Figura 7.4).

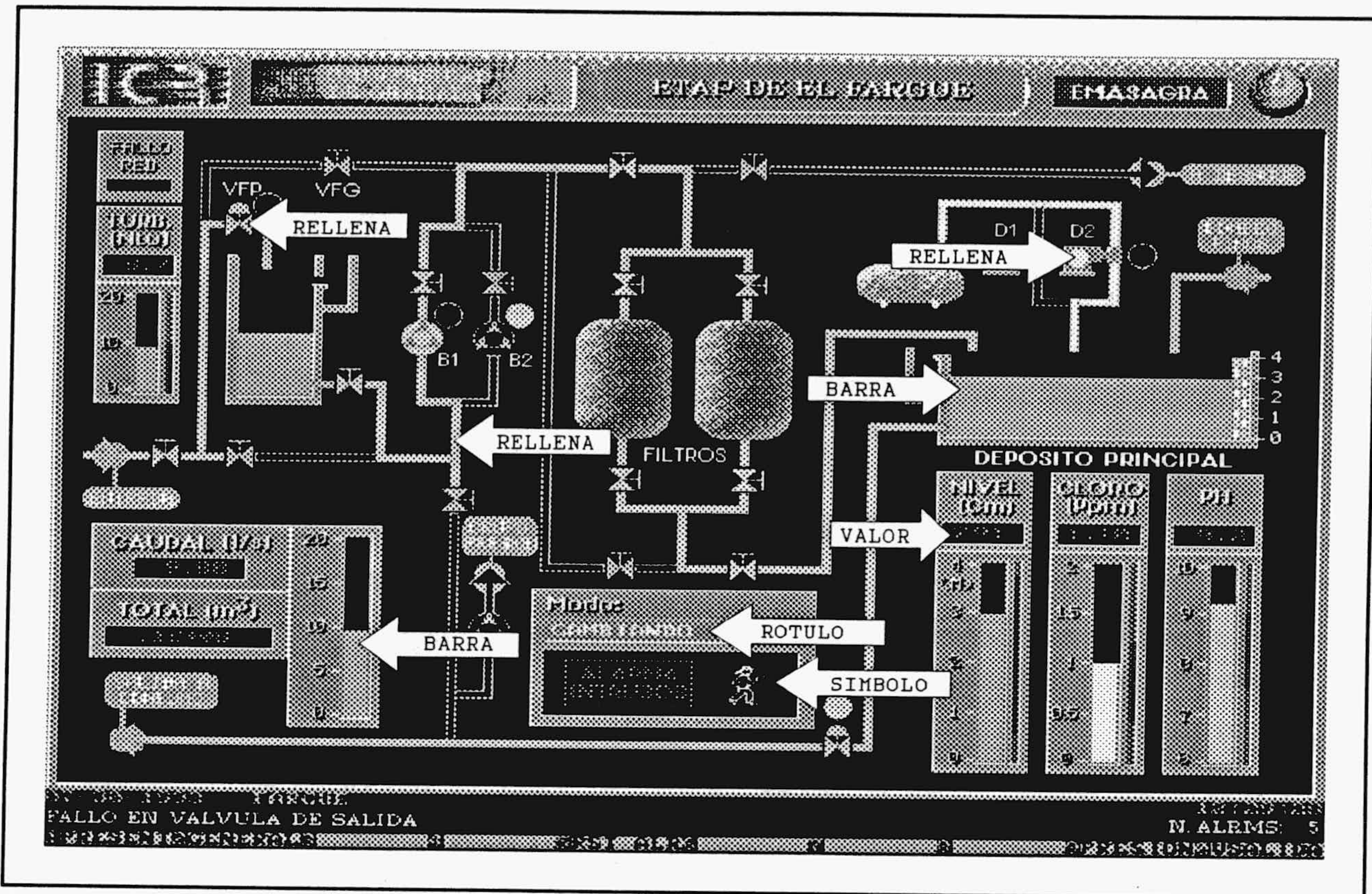


Figura 7.4: Ejemplos de animación sobre el sinóptico de la ETAP El Fargue.

- *Barra*: Consiste en una barra rectangular de un color determinado en la configuración (COLOR), cuya longitud depende linealmente del valor de la variable asociada. Las barras pueden ser verticales u horizontales dependiendo de que la longitud se asocie a la dimensión vertical (eje Y) o a la horizontal (eje X). Se definen dos referencias (r_1 y r_2) que determinan la diagonal de la barra de longitud máxima. La longitud de la barra crece desde r_1 hacia r_2 . Dependiendo de la posición relativa de la segunda referencia (r_2) con respecto a la primera (r_1), quedará definida la orientación de la barra, tal y como representa la Figura 7.5.

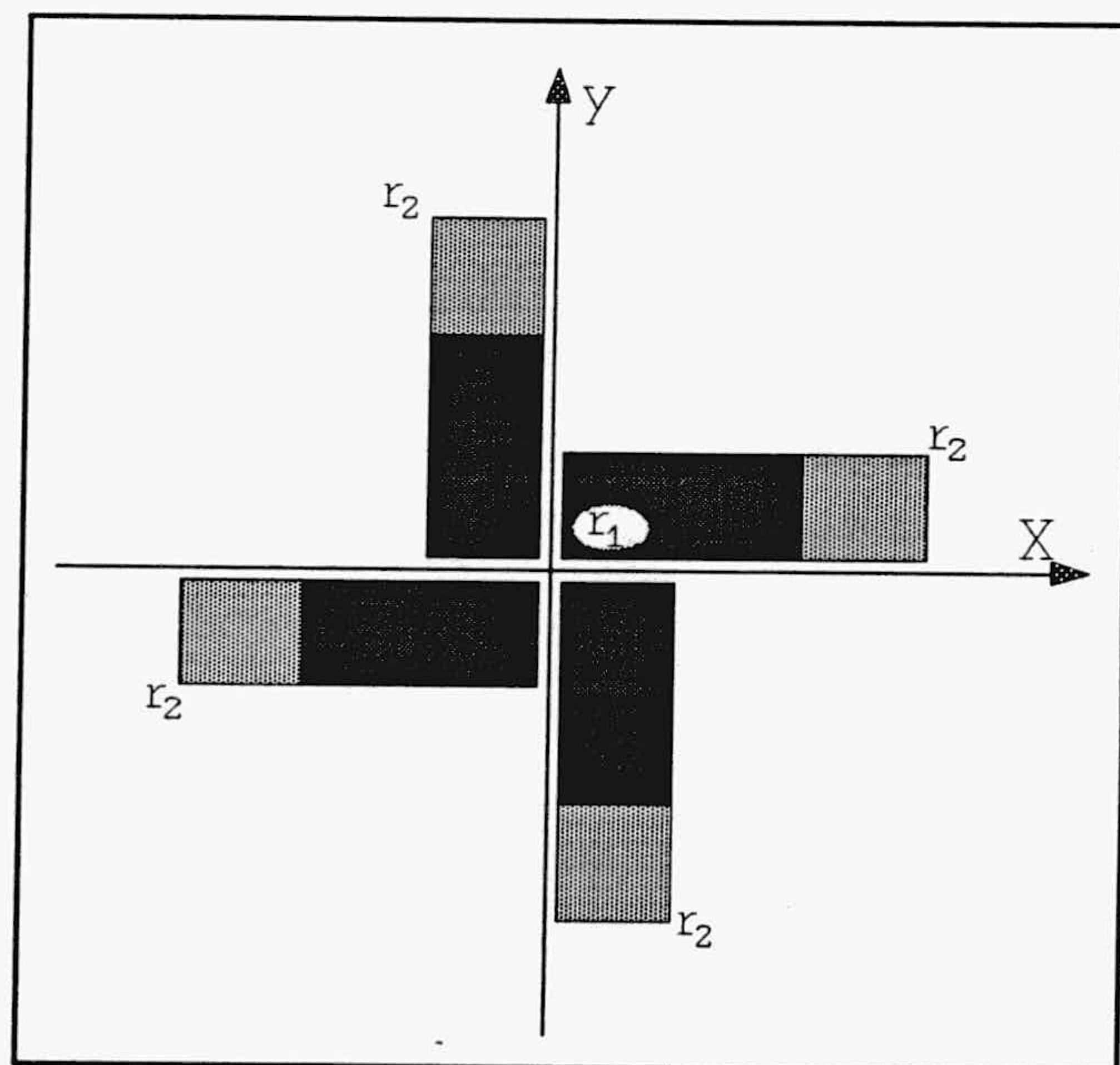


Figura 7.5: Edición de Barras.

Si la referencia r_2 se define en el cuadrante superior derecho o en el inferior izquierdo respecto a la referencia r_1 , la barra es horizontal, creciendo hacia la derecha en el cuadrante superior derecho y hacia la izquierda en el inferior izquierdo. Los otros dos cuadrantes definen la barra como vertical, ascendente o descendente para el cuadrante superior o inferior respectivamente.

Se define un límite superior de la variable (LSUP) para el que la representación es una barra de longitud máxima. Para los valores superiores a ese valor, la representación será siempre una barra de longitud máxima. De la misma forma se define un límite inferior (LINF) que es el valor mínimo de la variable tal que los valores inferiores o iguales a él se representan con una longitud nula de barra.

Las animaciones de BARRA se utilizan para representar instrumentos de panel en forma de *barras indicadoras*. Las barras verticales permiten además, sobre sinóptico, reproducir, por ejemplo, niveles en depósitos tanto abiertos como cerrados. En la Figura 7.4 figura aparecen 6 barras verticales.

- *Aguja*: Es un medidor de aguja en el que la variable analógica se representa mediante el ángulo marcado por una aguja giratoria moviéndose, en el sentido de las agujas del reloj, entre los límites de un sector circular simétrico respecto del eje vertical que pasa por el centro de giro de la aguja.

Como muestra la Figura 7.6, el sector de giro se define con una referencia (r_1) para el centro o eje de la aguja, y otra

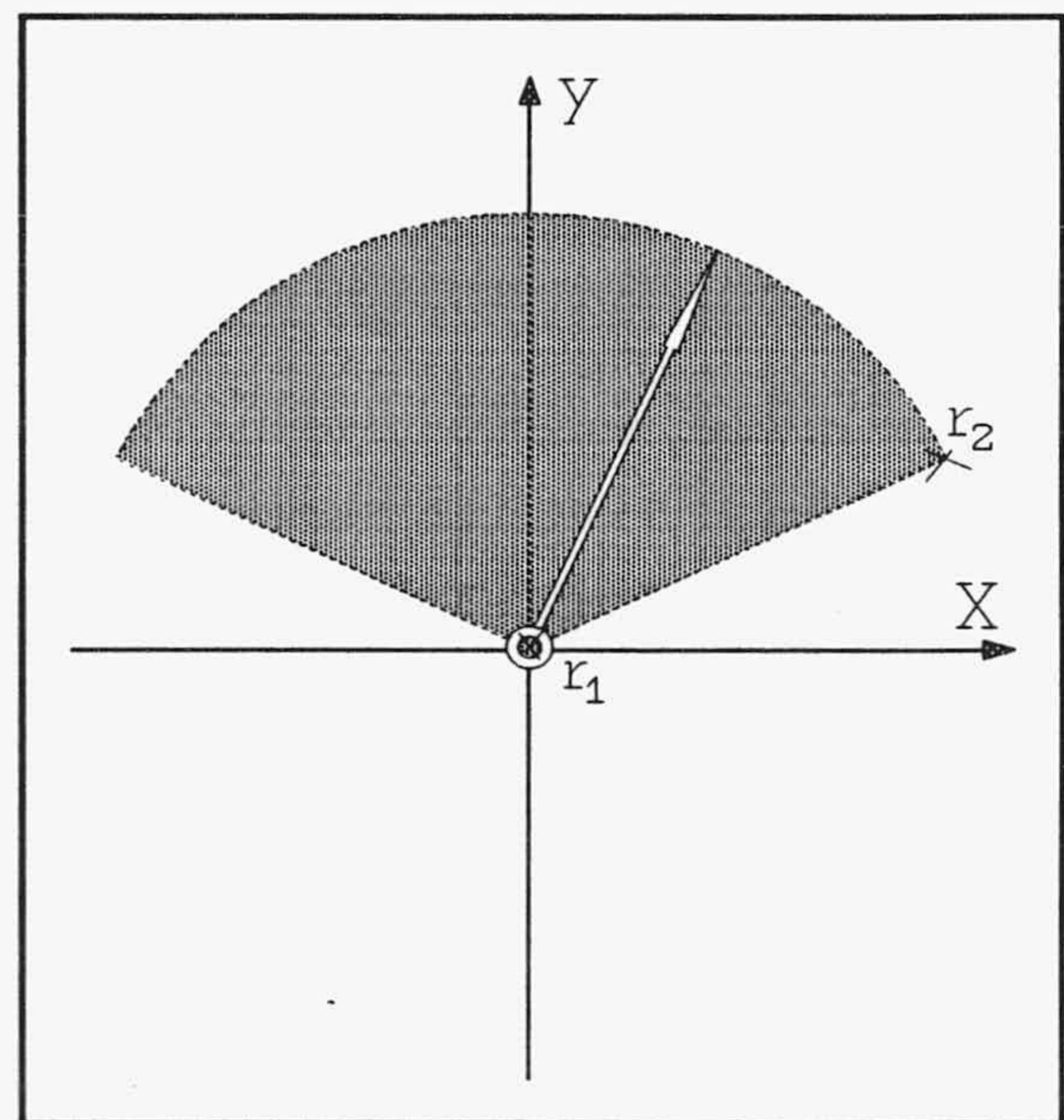


Figura 7.6: Edición de la Aguja.

referencia (r_2) que determina tanto el radio o longitud de la aguja, como el arco de representación. Este queda definido simétricamente con respecto a la vertical que pasa por el eje de giro, representando el punto r_2 al límite máximo de la variable, y el

punto simétrico a r_2 al límite inferior. El sector así definido puede quedar por encima o por debajo del eje de giro dependiendo de si r_2 está a la derecha o a la izquierda respectivamente de r_1 , de forma que en ambos casos un aumento en el valor de la variable se corresponde con un giro en el sentido de las agujas del reloj.

- *Tendencia*: Representa un gráfico rectangular de tendencias que permite mostrar la evolución en tiempo real de la variable. El gráfico se mueve de derecha a izquierda, de forma tal que el punto representado en el extremo derecho del gráfico corresponde al último valor de la variable.

Dos referencias (r_1 y r_2) definen la diagonal del marco rectangular sobre el que se representa la tendencia. Los valores superiores al valor máximo de representación (LSUP) quedarán saturados y se representarán con un punto en el límite superior del rectángulo, y los valores inferiores al valor mínimo (LINF) se representan con un punto en el límite inferior. Además, en la edición se puede definir el período, en segundos, con el que se actualiza la representación de la variable (PERIODO), y el número de puntos de pantalla entre cada dos muestras (PMUES).

La curva que representa la tendencia de la variable se superpone sobre el fondo de la pantalla a través de una operación exclusive-OR de colores. De esta forma se pueden definir varias tendencias en la misma zona, con lo cual podemos visualizar conjuntamente la variación de más de una variable a la vez.

- *Símbolo*: Consiste en poner en pantalla un símbolo gráfico asociado a una variable discreta. A cada variable se le asocian dos símbolos, uno para el valor Cierto (SIMT) y otro para el valor Falso (SIMF). Cualquiera de estos dos campos puede tomar el valor cero, que indica que no hay que superponer ningún símbolo sobre el fondo. Con esta animación puede representarse el estado de parámetros tales como detección de intrusos (Figura 7.4), alarmas, etc.

- *Valor*: Representa el valor de una variable numérica o de cadena (En la Figura 7.4 se representan valores de turbidez, caudal, caudal total, concentración de cloro, y

nivel). El tamaño del texto queda determinado, tanto en altura como en anchura de carácter, por el campo TAM. LONG limita el número máximo de caracteres que pueden representarse y, para las variables numéricas, el campo DEC indica el número de decimales que se representarán. Si el valor de la variable no puede representarse con ese formato, aparecerá un asterisco en su lugar.

- *Rótulo*: Consiste en representar una variable discreta mediante un texto con una longitud máxima de 18 caracteres. Dependiendo de que la variable tome el valor CIERTO o el valor FALSO aparecerá un texto asociado a CIERTO (TEXTT) u otro asociado a FALSO (TEXTF). Además, el rótulo tiene asociados colores de fondo y letra distintos para cada valor de la variable. El tamaño de los caracteres lo establece el campo TAM tal y como ha sido descrito para el animado VALOR. Se pueden representar así parámetros tales como modo de funcionamiento (en Figura 7.4 se representa con un rótulo el modo de filtrado de la ETAP: FILTRADO POR PRESION o FILTRADO POR GRAVEDAD) y mensajes de alarma.

7.2.2.- Ordenes interactivas

Permiten la ejecución, mediante las teclas de función F1 a F10, o mediante ratón, de órdenes de operación sobre el sistema.

La estructura de menús es extraída del fichero de configuración *NombreAplicación.MEN* (tablas C.11, C.12 y C.13), que contendrá tantos registros como menús necesite la aplicación. Cada menú tiene asociadas un máximo de diez opciones, correspondientes a las teclas de función F1 a F10. Como puede verse en la Figura 7.4, el menú seleccionado aparece en una ventana reservada para tal fin en la parte inferior de la pantalla, donde se representa el nombre de cada opción sobre su tecla de función correspondiente.

El anidamiento de menús se consigue de una forma totalmente libre con opciones del tipo "*Usar otro menú*", como se explica más adelante. Para cada pantalla de fondo de la aplicación existe un menú raíz por el cual se accede a la estructura de menús, de tal forma que podemos definir estructuras cruzadas o totalmente independientes para cada pantalla.

A continuación describimos cada uno de los tipos de opción realizados:

- *Cambiar Pantalla*: Permite cambiar de pantalla activa y de menú, de manera que puedan ser utilizadas varias pantallas de fondo para cada aplicación. Por ejemplo, se puede editar un sinóptico general del sistema a supervisar, a partir del cual se acceda, de forma jerárquica, a otros sinópticos más detallados correspondientes a una etapa o parte del sistema, o a pantallas que representen la instrumentación de panel, gráficos de tendencias, etc., asociados a esa etapa.

- *Seleccionar otro menú*: Posibilita el acceso a cualquier otro menú, permitiendo de esta forma ampliar el número de opciones y construir una estructura de ordenes totalmente libre.

- *Forzar una variable*: Con esta opción podemos forzar una variable a un valor predeterminado en la edición, lo que posibilita las acciones de control sobre el proceso (abrir y cerrar válvulas, encender y apagar bombas, modificar parámetros de operación, consignas, etc).

- *Rampa*: Permite modificar una variable de forma relativa, incrementando o decrementando su valor, facilitando la modificación de consignas de control.

- *Forzar por teclado*: Se puede modificar una variable introduciendo el nuevo valor deseado a través del teclado.

- *Salir*: Finaliza el programa.

7.2.3.- Registro periódico

El Registro periódico permite almacenar periódicamente el valor de variables analógicas en ficheros diarios con el objeto de analizarlos posteriormente para conocer la evolución del proceso supervisado. La configuración se extrae del fichero *NombreAplicación.REG* que contiene las variables y el período con el que han de ser registradas (Tabla C.14).

Los ficheros de registro periódico son generados con el nombre *dd:mm:aa.FRP*

donde *dd:mm:aa* representa la fecha, y almacenados sobre un directorio que toma el nombre de la variable con extensión *".DRP"*. Los ficheros son de acceso aleatorio, conteniendo el número de registros correspondiente a un día.

7.2.4.- Alarmas y registro de eventos

Las alarmas y el registro de eventos están asociados a variables discretas. La Alarma se activa cuando la variable toma el valor *"CIERTO"* y se desactiva cuando toma el valor *"FALSO"*.

La configuración de alarmas se extrae del fichero *NombreAplicación.EVE*, que contiene la información correspondiente a variable, nivel, texto y mensajes de ayuda asociados con cada alarma definida (Tabla C.15).

Se han propuesto cinco niveles de alarma según su importancia sobre el funcionamiento del sistema monitorizado. Cada uno de estos niveles tiene asociado un color para obtener del operador una respuesta de atención adecuada a la situación (Tabla VII.2).

<i>NIVEL</i>	<i>COLOR</i>	<i>UTILIZACION</i>
<i>0</i>	<i>Rojo</i>	<i>La alarma es crítica para el funcionamiento del sistema.</i>
<i>1</i>	<i>Amarillo</i>	<i>La alarma es importante. Afecta al funcionamiento del sistema pero no de manera crítica.</i>
<i>2</i>	<i>Verde</i>	<i>La alarma es menos importante que la anterior. No afecta al funcionamiento normal del sistema.</i>
<i>3</i>	<i>Azul</i>	<i>La alarma es informativa. La operatividad del sistema no se ve afectada.</i>
<i>4</i>	<i>Blanco</i>	<i>La alarma es informativa. Los eventos asociados con estas alarmas no se imprimen ni son almacenados en disco.</i>

Tabla VII.2: Niveles de alarma.

La ocurrencia de un evento asociado con las alarmas (activación, desactivación o reconocimiento de una alarma) es mostrada por la impresora con indicación de hora y fecha, y almacenada en un fichero diario de "eventos históricos" generado con el nombre *dd:mm:aa.FEH*, donde *dd:mm:aa* representa la fecha. Además de los eventos relativos a las alarmas definidas en la aplicación, se almacenan excepciones internas del sistema tales como el Inicio de sesión, el Fin de sesión, errores, etc.

En la última línea de la pantalla aparece en todo momento un mensaje indicando el último evento producido y la fecha y hora correspondientes. Además aparece el número de alarmas activas en cada momento con un fondo coloreado que informa sobre el nivel de alarma mas alto en cada momento. Para hojear, confirmar o pedir ayuda, el operador puede llamar a la *Monitorización de Alarmas* pulsando la tecla de función *F11*, mostrando en pantalla un listado de alarmas activas con información sobre el nivel de alarma, mensaje de alarma, hora de activación y hora de confirmación (si ha sido confirmada) de cada alarma. Un cursor permite moverse entre las distintas alarmas activas. La alarma seleccionada puede ser confirmada con *F1*. Con *F2* podemos solicitar ayuda de actuación inmediata (tres líneas de texto). Para salir de la monitorización se pulsa la tecla de escape, regresando a la pantalla de fondo desde donde fue llamada la monitorización de alarmas.

7.2.5.- La capa de Transporte

La capa de transporte (Figura 7.2) se introduce para ocultar todas las características dependientes de la red a los niveles que tiene por encima, proporcionando una transferencia de datos transparente. Se encarga de las tareas de multiplexado y sondeo sobre las distintas estaciones remotas, así como de la segmentación en bloques de variables consecutivas para optimizar el tamaño de los paquetes de datos sobre la red. Esta capa ofrece dos servicios:

- a) *Servicio de actualización cíclica de variables.* Permite el refresco continuado de las variables con los datos leídos en tiempo real de las estaciones remotas.
- b) *Servicio de forzado de variables.* Permite modificar parámetros de las estaciones remotas.

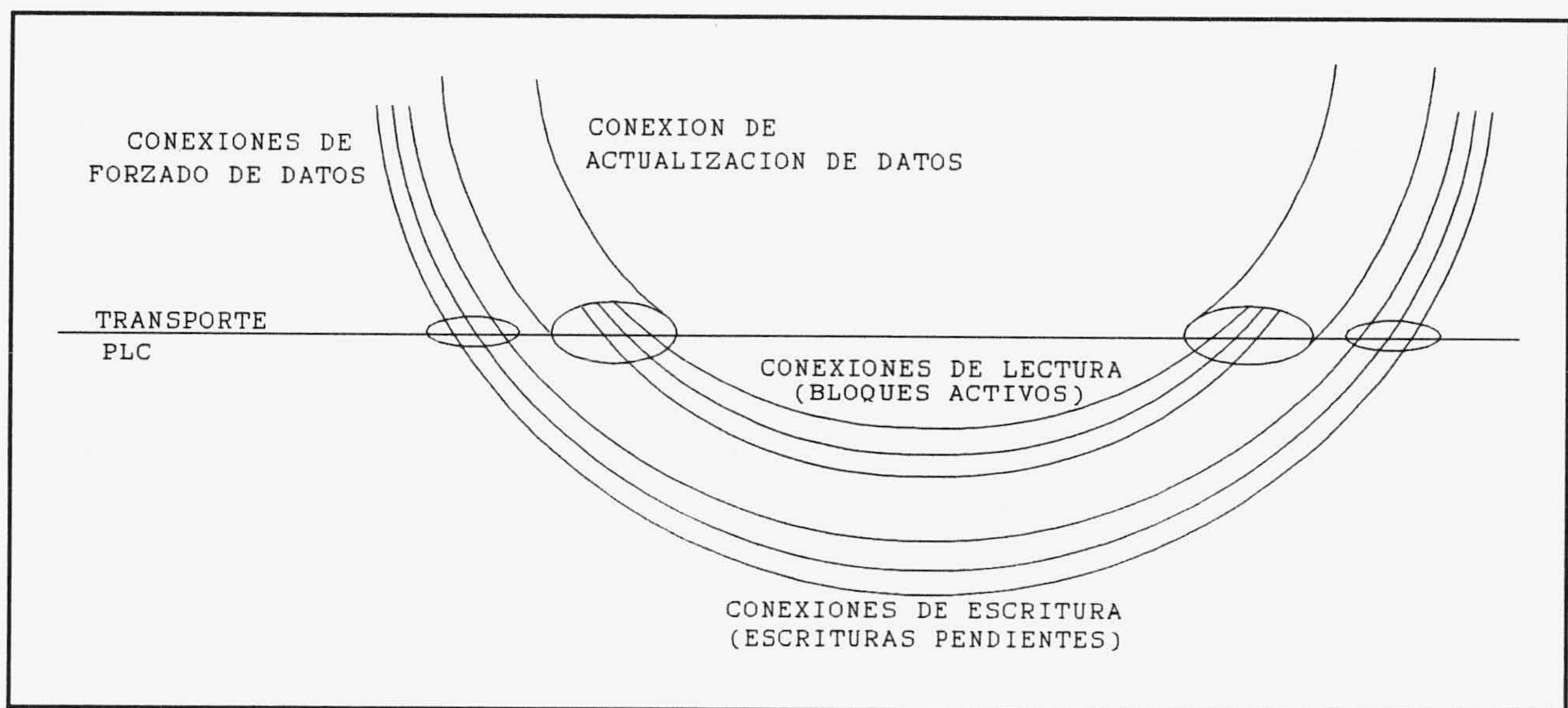


Figura 7.7: Multiplexado en la capa de transporte.

Las variables se agrupan en función del módulo de comunicaciones a través del cual se establece el enlace con la estación remota correspondiente, realizándose para cada uno de estos grupos un ciclo de conexiones de actualización con las distintas estaciones remotas. Las variables correspondientes a cada estación remota se multiplexan (Figura 7.7) en bloques de 128 octetos de longitud máxima (multiplexado hacia abajo), de manera que las direcciones

de las variables de cada bloque sean consecutivas. Para cada uno de los bloques se genera un mensaje de petición de datos y se envía a la estación remota correspondiente.

El envío de los mensajes de petición se realiza de forma cíclica, configurando un sondeo de actualización de variables como se ilustra en el ejemplo de la Figura 7.8.a., donde se muestra una red formada por una estación central (EC) y seis estaciones remotas (ER1..ER6). Inicialmente se establece una conexión con ER1 enviando el mensaje de petición de datos correspondiente a esa estación. Una vez recibida la respuesta, las variables son actualizadas y se realiza la conexión con la siguiente estación (ER2). De esta forma se van sondeando todas las estaciones hasta ER6, y a continuación se inicia de nuevo el ciclo con ER1. Si existe más de un bloque de variables para alguna estación, se realiza la actualización de todos antes de pasar a la siguiente estación remota.

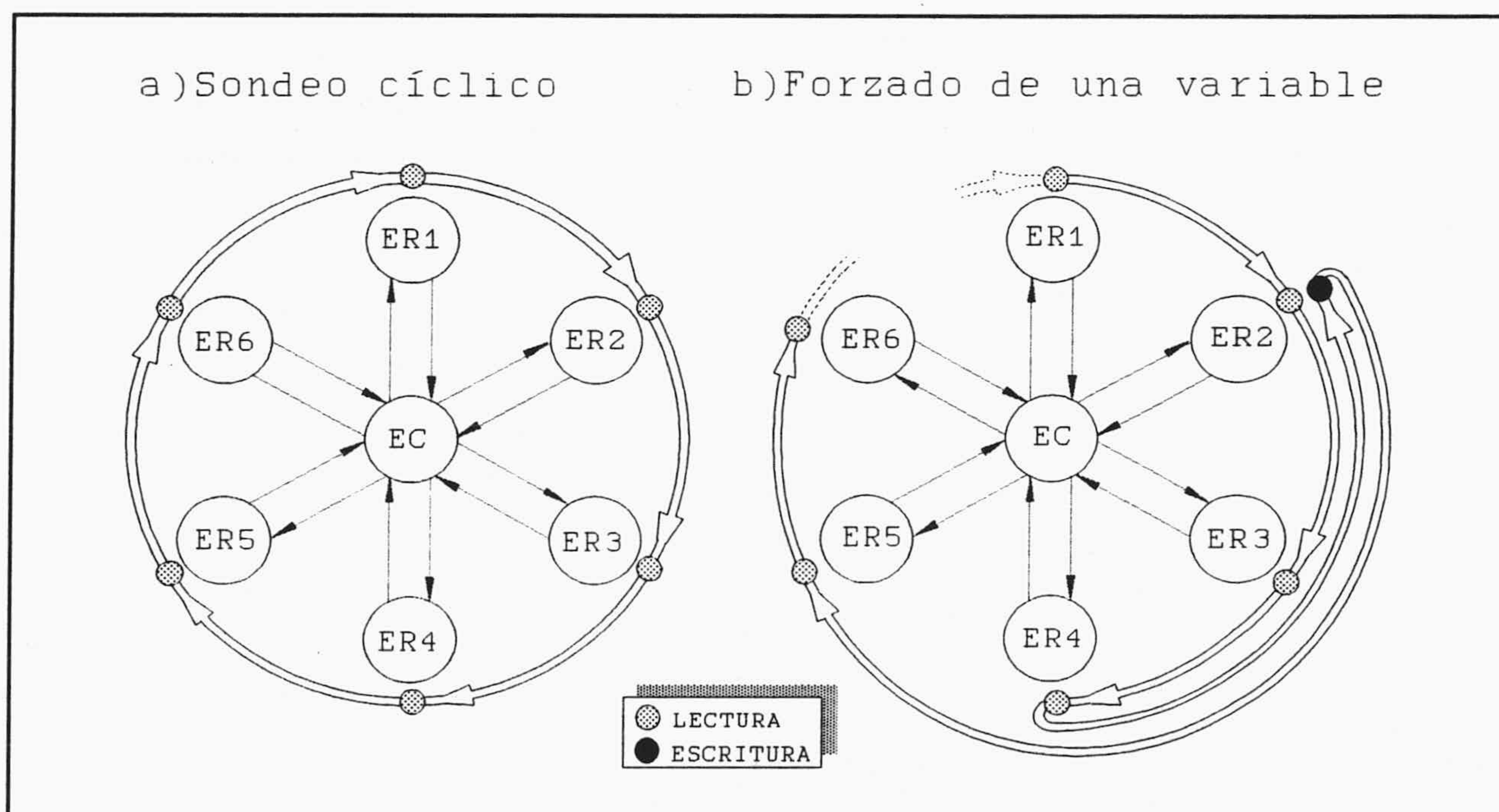


Figura 7.8: Ejemplo de sondeo de estaciones remotas:

a) Sondeo cíclico de Lectura de variables. b) Ruptura del ciclo para Forzado.

El forzado de variables se realiza de manera independiente al ciclo de actualización por ser considerado como urgente. A las conexiones de forzado se les da una mayor prioridad, interrumpiendo el ciclo de actualización para realizar el forzado lo más rápidamente posible. Como muestra la Figura 7.7, cada forzado de una variable se considera

como una unidad de datos de transporte independiente, ya que el forzado se ejerce como una acción esporádica de control de supervisión. El ciclo de peticiones de datos se interrumpe (Figura 7.8.b) cuando una variable ha de ser forzada en alguna estación (**ER2**, en el ejemplo de la figura). En este caso, se genera inmediatamente el mensaje de escritura destinado a esa estación y se envía cuando se ha recibido la respuesta a la última petición de datos (respuesta de **ER4**, en el ejemplo). Recibida la confirmación correspondiente al forzado se reanuda el ciclo de actualización a partir de la estación en el que fue interrumpido (la estación **ER5** del ejemplo).

Además, en esta capa se resuelve la detección de pérdidas de enlace con las estaciones remotas. Si transcurrido un tiempo máximo de espera (*Time_Out*) el mensaje de respuesta de una estación remota no llega, se incrementa una *Cuenta de Fallos de Comunicación* correspondiente a esa estación, y se procede a la conexión de la siguiente estación. El contador de fallos es reinicializado cuando se recibe alguna respuesta correcta desde la estación. Si se sobrepasa el número máximo de fallos permitido se devuelve un código de pérdida del enlace para esa estación, generándose entonces un mensaje de alarma para el operador.

El proceso de sondeo descrito se representa en el diagrama de estados de la Figura 7.9. Los mensajes de petición de datos para actualización de variables se envían desde el estado **SONDEO**. Una vez enviado el mensaje, el proceso pasa al estado **ESPERA**. La transición desde este estado se produce cuando se ha recibido un mensaje de respuesta desde la estación a la que fue enviada la petición, o cuando se ha excedido el tiempo máximo de espera de respuesta. Entonces el proceso vuelve al estado **FORZADO** o al estado **SONDEO** dependiendo de si existe o no existe, respectivamente, alguna petición de forzado pendiente.

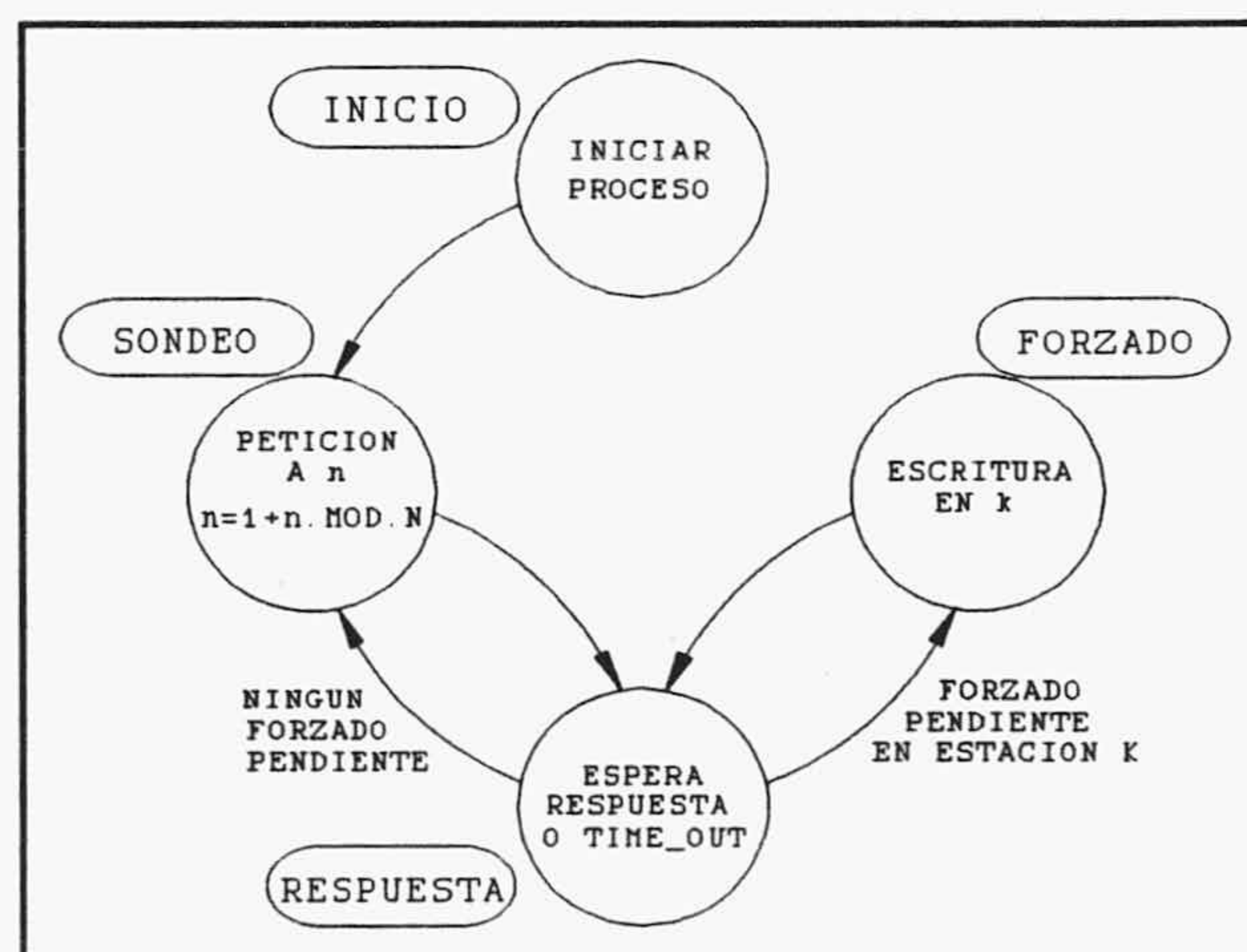


Figura 7.9: Diagrama de estados del proceso de sondeo y forzado de variables.

Como interfaz para enlazar el módulo de ejecución en tiempo real con los módulos de comunicaciones se utiliza una ventana de intercambio de información (Tabla VII.3) que se instala residente en memoria.

<i>DESPLAZAMIENTO</i>	<i>CAMPO</i>	<i>LONGITUD EN BYTES</i>
0	COMANDO	1
1	TIPO_DATOS	1
2	ID_ESTACION	2
4	DIRECCION	2
6	BIT	1
7	RNUM_DATOS	1
8	WNUM_DATOS	1
9	RESPUESTA	1
10	RESERVADOS	118
128	DATOS	128

Tabla VII.3: Ventana de intercambio de información.

A través de la ventana de intercambio de información se pueden realizar cuatro tipos distintos de conexión, dependiendo del valor que se pase en el campo COMANDO (Tabla VII.4).

<i>CODIGO</i>	<i>COMANDO</i>	<i>DSECRIPCION</i>
1	WID	Escribir 1 valor discreto (ON/OFF)
2	WIA	Escribir 1 valor analógico
3	RND	Leer N valores discretos
4	RNA	Leer N valores analógicos

Tabla VII.4: Tipos de conexiones de transporte.

7.3.- Módulo de comunicaciones (Driver)

El módulo de comunicaciones (Figura 7.2) proporciona al módulo de ejecución los servicios correspondientes a las capas de comunicación que describen la transmisión de información a través de la red de radiomodem, permitiendo la conexión de la estación central con cualquiera de las estaciones remotas.

La capa 3 (*Control*) se introduce para hacer transparente a las capas superiores los protocolos de comunicación específicos de los sistemas de control en planta conectados a través de la red de radiomodem (protocolos de *Control* de PLC's). El protocolo de comunicación de los sistemas de control de fabricación puede no ser siempre el mismo, e incluso pueden coexistir distintos protocolos de comunicación para las distintas plantas de fabricación. Por ejemplo, en una misma aplicación puede ser necesario comunicarse con un PLC de *Hitachi*, a través de su protocolo, y con una tarjeta de control **SPI16**, a través del protocolo **PCSPC**. Al módulo de comunicación realizado se le ha dotado de los protocolos de control correspondientes a los PLC's de *Hitachi* y *Omron* y del protocolo **PCSPC** de la tarjeta **SPI16**. Para los PLC's de *Siemens* se ha incluido un convertidor de protocolo, de forma que la conexión a través de la red **SPIRAL** se realiza con el protocolo **PCSPC**.

En la capa de *Control* se ofrecen servicios de formateado de tramas y de extracción de datos:

. *Formateado de tramas* con el protocolo de *Control* correspondiente al PLC destinatario del mensaje de petición o forzado enviado desde la capa de transporte.

. *Extracción de datos* de las tramas recibidas como respuestas de los PLC's, así como detección de errores en dichas tramas.

Puesto que aún no existe un protocolo normalizado común a todas las familias de controladores, los procedimientos asociados con estos servicios deben ser implementados de acuerdo con los sistemas empleados en las plantas. La posible existencia de sistemas heterogéneos en una misma aplicación exige la coexistencia de múltiples procedimientos de

gestión de protocolos en esta capa. La elección del protocolo apropiado se realiza en función del tipo de PLC, extraído de una tabla definida en la configuración, que asigna un código, correspondiente al tipo de protocolo, a cada identificativo de estación.

Como se indicó en el Capítulo II, en la capa 2 se han reunido las tareas correspondientes a las capas de *Enlace de Datos* y *Red* del modelo de referencia OSI. Tiene por objeto suministrar los medios necesarios para hacer transparente la red de radiomodem a la capa de *Control*, encauzando las tramas del correspondiente protocolo del PLC entre el ordenador central y el sistema de control en planta, a través de los nodos de conmutación intermediarios. Los servicios que ofrece la capa son:

. *Formateado de tramas PCSPR*. Las tramas de PLC construidas por la capa de *Control* son embebidas en un paquete **PCSPR**. En la cabecera de la trama **PCSPR** se incluye el identificativo de la estación central, el de la estación remota destinataria del paquete, y el identificativo de la estación vecina a través de la cual se encamina. Este último se extrae de una tabla de rutas que asocia a cada estación remota una estación de destino inmediato del paquete. En la práctica se emplea un radiomodem central que ofrece, en el interfaz de terminal, una conexión a través del protocolo **PCSPR**, de manera que sea el radiomodem central la única estación vecina del ordenador de supervisión. En este caso, la tabla de rutas asocia el mismo identificativo de estación vecina (el de el radiomodem central) a todas las estaciones remotas.

. *Extracción de tramas de Control*. La trama de control que viene embebida en el campo de información de los paquetes **PCSPR** se extrae para ser analizada en la capa de *Control*. Previamente se realiza un proceso de comprobación del campo *CHEQ* de las tramas **PCSPR** que elimina los paquetes recibidos con errores en la comunicación.

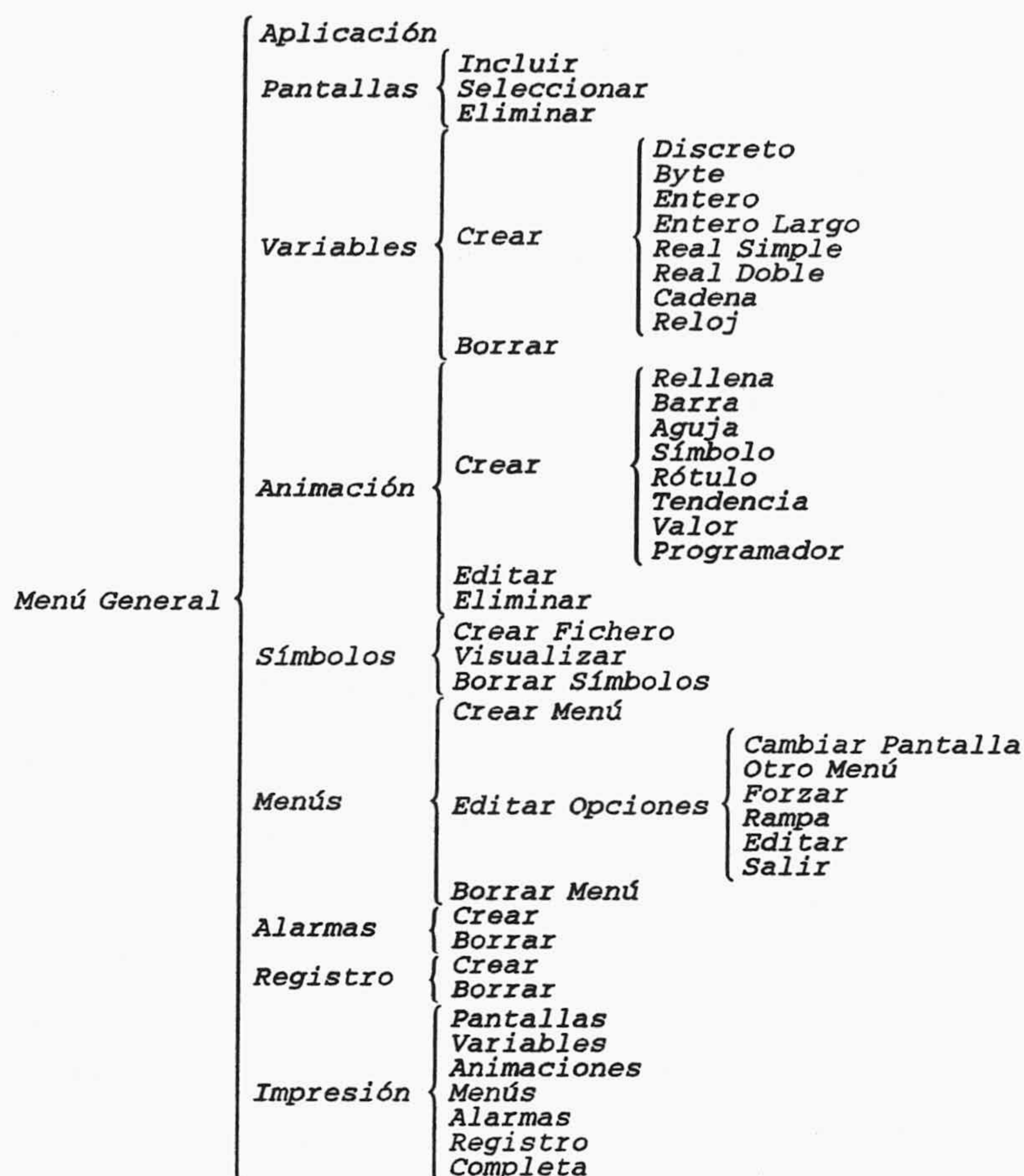
La capa 1 (capa de *Medios Físicos*) es la más baja, y describe el interfaz para la interconexión del ordenador con el radiomodem central (*DTE-DCE*), a través de uno de los puertos de comunicación serie. Ofrece servicios de transmisión y recepción gestionados desde los servicios de interrupción del puerto de comunicaciones y del temporizador (*tics*).

7.4.- Editor de aplicaciones

Al programa SCADA se le ha dotado de funciones de diseño (edición de aplicaciones) que permiten crear de forma sencilla los sinópticos que aparecerán en la pantalla, y la asociación de diferentes objetos gráficos a las variables del proceso para el refresco dinámico de los sinópticos (animación).

La configuración de la aplicación se realiza mediante un programa editor con el que se definen las variables del proceso implicadas en la supervisión y el tratamiento que recibirán por parte de las tareas de animación, ordenes y gestión de alarmas y eventos, permitiendo diseñar una imagen virtual del proceso a supervisar. El resultado que proporciona este sistema, una vez realizada la configuración, es una serie de archivos (Apéndice C) donde se encuentra toda la información necesaria para que el modulo de ejecución en tiempo real pueda controlar el proceso. Estos archivos se encuentran dentro de un directorio con el mismo nombre de la aplicación (definido por el usuario al comienzo de la sesión de edición). Para evitar pérdidas de información y de tiempo, se hace un almacenamiento continuo cuando se modifica cualquier objeto de la configuración. Una vez creados, los objetos de la configuración (pantallas, animados, alarmas, variables, menús, símbolos, etc.) se pueden editar o borrar fácilmente sin perder la coherencia en dicha configuración; por ejemplo, si se borra una pantalla de la aplicación automáticamente se eliminarán todos los animados asociados a dicha pantalla.

El editor de aplicaciones se basa en la estructura de menús representada a continuación:



Han sido desarrolladas distintas ventanas que permiten moverse a través de la estructura de menús y editar los parámetros de configuración asociados con cada una de las opciones terminales utilizando el dispositivo señalador (ratón). La elección de una opción se realiza posicionando el cursor sobre el recuadro correspondiente y pulsando el botón izquierdo, reservándose el botón derecho para operaciones de cancelación.

Ventana de menú

El movimiento a través del árbol de opciones se consigue con una ventana de menú o de selección de opciones como la que aparece a la izquierda en la Figura 7.10.

La ventana esta dividida en cuatro zonas. Pulsando sobre alguno de los iconos de la zona superior se puede:

- Quitar la ventana o cambiarla de posición para ver la pantalla de fondo. El menú actual del programa puede cambiarse de posición (izquierda o derecha) o hacer que desaparezca totalmente. Esto se utiliza para que el usuario tenga una visión más clara de las pantallas gráficas de fondo sobre las que está trabajando. Para pasar el menú de izquierda a derecha hay que pulsar en el recuadro de la parte superior derecha del menú (icono ►), y para que desaparezca en la parte superior izquierda (icono ICR).
- Ir al menú anterior, seleccionando el icono ▲.
- Ir al menú raíz (General), seleccionando el icono #.

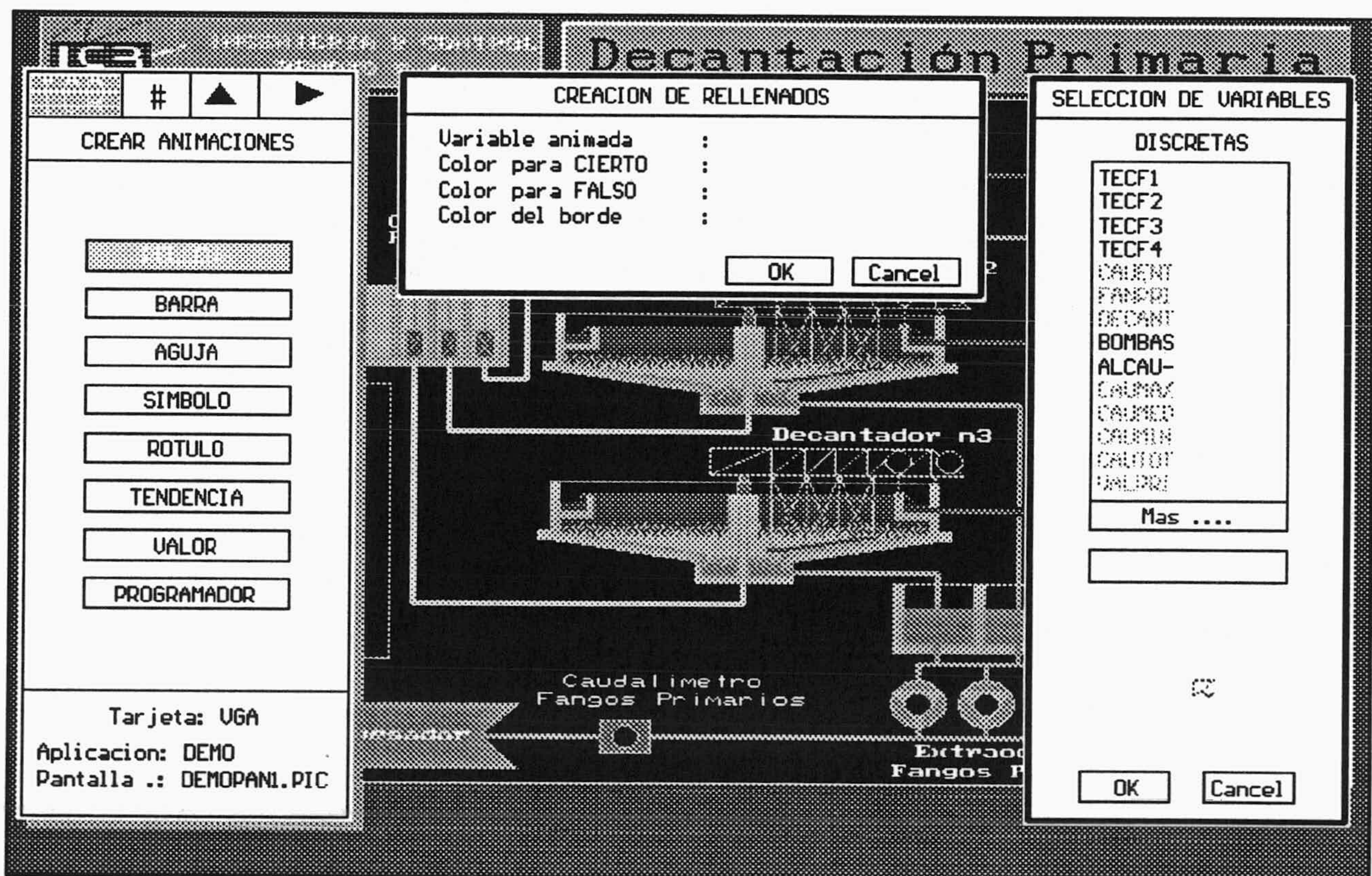


Figura 7.10: Ejemplo de ventanas del Editor de Aplicaciones.

En las dos zonas centrales aparecen el nombre del menú (CREAR ANIMACIONES, en la Figura 7.10) y las distintas opciones que le corresponden. El programa desactiva en

cada momento aquellas opciones que no están permitidas, por ejemplo, no es posible crear un animado si no se ha incluido ninguna pantalla de fondo en la aplicación. Las opciones no permitidas aparecen en un color más luminoso.

En la zona inferior de la ventana de menú se ofrece información sobre la aplicación que se está configurando, la pantalla seleccionada y la tarjeta gráfica usada.

Ventanas de edición

Para configurar los parámetros correspondientes a las distintas opciones terminales se han desarrollado ventanas de edición que permiten introducir o modificar por teclado los valores deseados para crear *Directorios de Aplicación, Animados, Menús, Alarmas, Registros Periódicos e Informes*. Como ejemplo, en la zona central de la Figura 7.10 se muestra una ventana (CREACION DE RELLENADOS) de edición del animado RELLENA.

Ventanas de listas de ayuda

Como ayuda a la edición, las ventanas de selección muestran listas de objetos que pueden ser elegidos como parámetros de configuración. Algunas de estas ventanas disponen de la opción de visualizar más información (si existe) seleccionando el recuadro **MAS**. La elección de las opciones se realiza por medio del ratón, es decir, hay que situar la flecha del cursor gráfico del ratón sobre la opción deseada y pulsar su botón izquierdo. Se han realizado siete tipos de listas de ayuda correspondientes a *Archivos de un directorio, Pantallas de la aplicación* (ventana SELECCION DE VARIABLES en la Figura 7.10), *Variables de la aplicación, Colores de la paleta, Símbolos de la librería, Menús de la aplicación y Tipos de Ordenes disponibles*.

A continuación se describen los procedimientos de edición de los distintos objetos de la configuración.

APLICACION. Es la primera opción que hay que elegir cuando se ejecuta el programa. El sistema necesita saber en qué directorio almacenar y buscar la información de esa aplicación.

Aparece una ventana de edición para:

- *Crear* una nueva aplicación. Se introduce el nombre de la aplicación para crear el directorio correspondiente, donde se almacenarán todos los archivos de configuración.
- *Elegir* una aplicación ya existente, para continuar o modificar la configuración.
- *Modificar* el camino donde se va a crear o buscar el directorio de la aplicación.

PANTALLAS. Esta es la segunda opción que hay que seleccionar, para indicar qué pantallas gráficas se van a utilizar en la aplicación. Una vez seleccionada aparece otro menú con las opciones:

Incluir: Permite incluir una nueva pantalla en la aplicación. Aparece una ventana con la que podemos editar el camino de búsqueda de las pantallas gráficas de fondo y visualizar el contenido de ese directorio sobre una ventana de selección de pantallas. Una vez seleccionada, la pantalla queda incluida en la aplicación, copiándose sobre el directorio correspondiente.

Seleccionar: Permite seleccionar una de las pantallas de la aplicación. Aparece una ventana con la lista de pantallas de la aplicación. Una vez seleccionada, la pantalla gráfica elegida aparecerá en pantalla como fondo de la edición.

Eliminar: Con esta opción se suprime una de las pantallas que estaban ya en la aplicación. La selección también se realiza sobre la lista de pantallas de la aplicación.

VARIABLES. Permite definir las variables que se van a usar en la aplicación. Una vez que se selecciona aparece un menú con dos opciones:

Crear: Con esta opción se puede modificar o crear una variable, seleccionando sobre el menú el tipo que se desea. La selección de la variable a editar se realiza sobre la ventana de lista de variables de la aplicación, introduciendo por teclado el nombre de una nueva variable. Después aparece otra ventana en la parte inferior de la pantalla para introducir la dirección asociada con la variable creada o seleccionada, que permitirá al módulo de comunicaciones conocer su localización. La dirección se introduce con el formato:

eeee/dddd

donde *eeee* y *dddd* representan, en decimal, el identificativo de estación y la dirección de la variable en la estación, respectivamente. Para variables discretas hay que especificar además el número de bit (*bb*) al que se hace referencia:

eeee/dddd.bb

Borrar: Con esta opción aparece una ventana similar a la anterior, donde se debe seleccionar el nombre de la variable que se desea eliminar. Borrar una variable implica, para mantener la coherencia de la configuración, borrar también todas las animaciones, alarmas y registros periódicos asociados a dicha variable.

ANIMACION. Esta opción se utiliza para la creación, edición y borrado de objetos gráficos diseñados a medida por el usuario según la aplicación que se esté configurando. Al seleccionar la edición de **ANIMACION** aparece un menú con tres opciones:

Crear: Permite crear distintos tipos de animados. El tipo de animado se selecciona desde el menú de opciones, apareciendo una ventana de edición con la información que se necesita introducir según el tipo de animado, y las correspondientes listas de ayuda para la elección de variable animada, colores y símbolos.

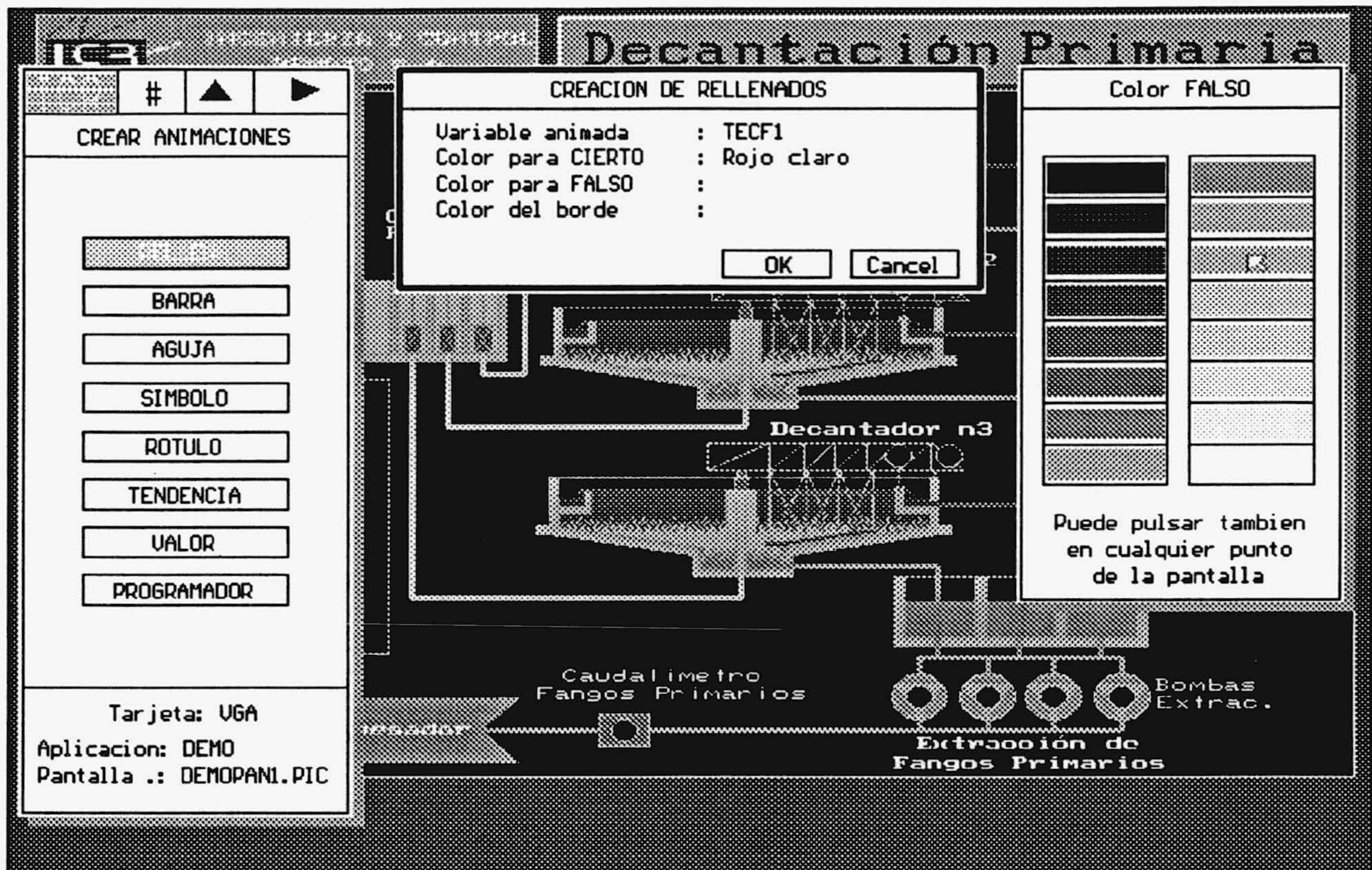


Figura 7.11: Elección de colores para animado RELLENA.

La Figura 7.11 muestra el momento de la elección de colores durante la edición de un animado RELLENA. Las referencias que determinan la posición del animado en la pantalla de fondo se introducen en último lugar haciendo uso del ratón.

Editar: Esta opción permite editar o modificar la información que se había introducido en la creación de cada animado. La elección se realiza con el ratón, llevando el cursor gráfico cerca del animado que se desea editar, apareciendo la ventana de edición correspondiente.

Eliminar: Se utiliza para eliminar un animado ya creado. Al igual que para *Editar*, la elección se realiza señalando el animado con el ratón.

SIMBOLOS. Permite crear un fichero de símbolos gráficos para utilizarlos en las animaciones, visualizar los símbolos existentes en ese fichero y borrar símbolos de ese fichero.

Para la creación de símbolos se dispone de las siguientes opciones:

Crear fichero: Esta opción permite crear el fichero de símbolos de la aplicación, capturándolos de una pantalla creada previamente con un diseñador gráfico.

Visualización: Es una utilidad para visualizar todos los símbolos creados hasta ese momento (Figura 7.12).

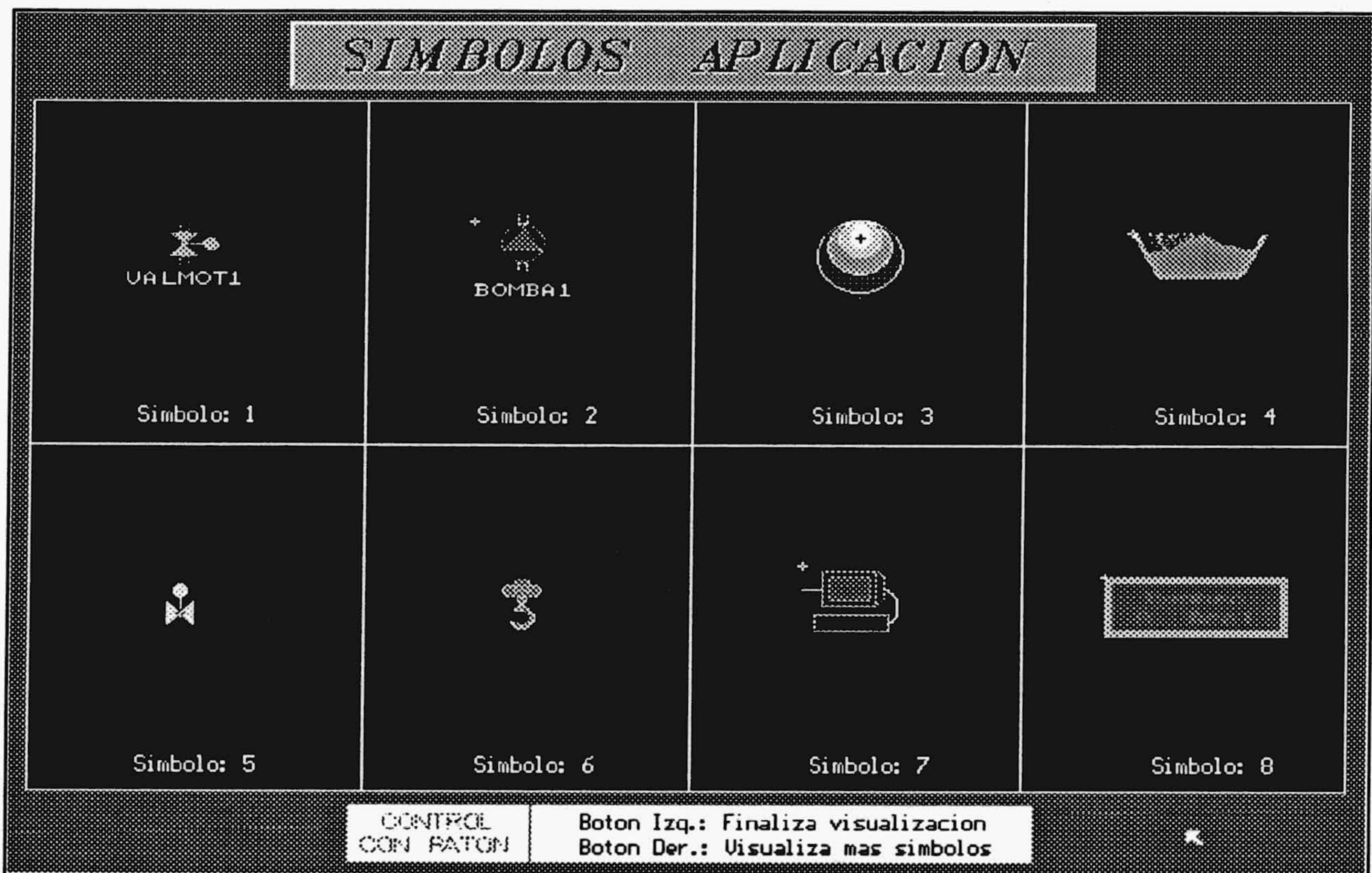


Figura 7.12: Visualización de librería de símbolos de la aplicación.

Borrar símbolos: Con esta opción se elimina un símbolo ya creado del fichero de símbolos de la aplicación.

MENUS. Permite crear la estructura de menús que se utilizará en el programa de control (Figura 7.13). Los menús quedan definidos por un nombre y un máximo de 10 opciones seleccionables en cada uno de ellos.

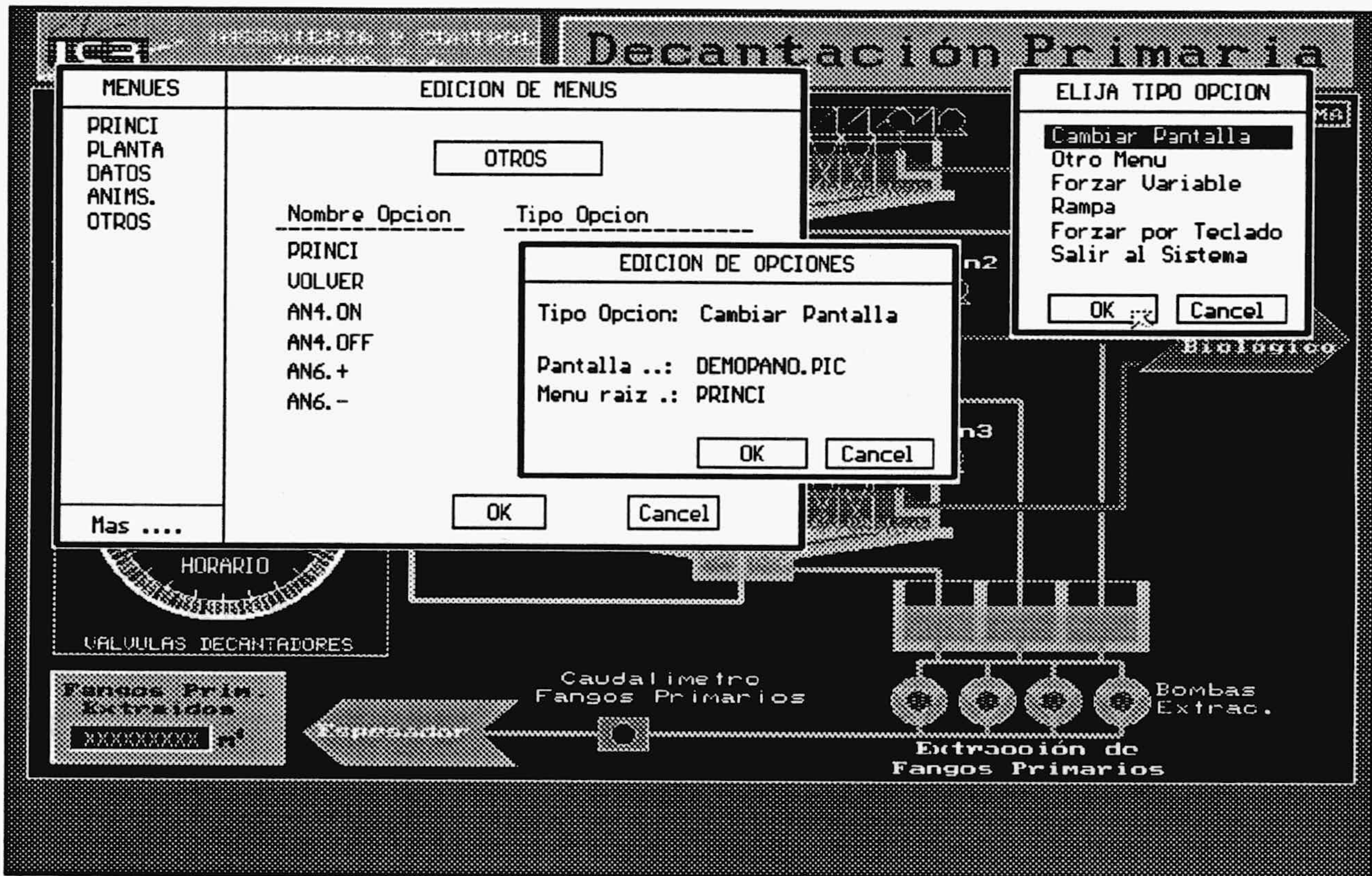


Figura 7.13: Edición de opciones de menú.

Para la configuración de menús se dispone de las siguientes opciones:

Crear menú: Esta opción sólo se utiliza para editar los nombres de todos los menús que se vayan a utilizar.

Editar opciones: Permite editar las opciones de los menús creados en la opción anterior. Para elegir el tipo de opción aparece una ventana conteniendo la lista de órdenes disponibles.

Borrar menú: Se utilizará para borrar un menú ya creado con las opciones anteriores.

ALARMAS. Para configurar las ALARMAS, aparece un menú con las opciones de crear y borrar:

Crear: Se utiliza tanto para configurar una nueva alarma, como para modificar una ya creada, eligiendo la variable asociada a través de la ventana correspondiente, y editando los parámetros de prioridad, texto de alarma y mensajes de ayuda, sobre una ventana de edición de alarmas.

Borrar: Elimina una alarma ya existente. Para ello hay que seleccionar con el ratón el nombre de la variable asociada con la alarma.

REGISTRO PERIODICO. La configuración del registro periódico de variables permite:

Crear: Se utiliza tanto para configurar un nuevo registro periódico, como para modificar uno ya creado. Para crear un registro periódico se selecciona la variable correspondiente y el programa solicita el período de registro en segundos que indicará cada cuanto tiempo se irá almacenando el valor de la variable elegida (Figura 7.14).

Borrar: Elimina un registro periódico ya existente. Para ello hay que seleccionar con el ratón el nombre de la variable asociada al registro periódico.

IMPRESION. Esta opción permite imprimir toda la configuración o sólo parte de ella. Para ello aparece un nuevo menú con las opciones: *Variables, Pantallas, Animaciones, Menús, Alarmas, Registro periódico y Completa.* Esta última hace que se imprima toda la configuración.

SALIR. Pulsando con el ratón sobre esta opción finaliza la ejecución del programa.

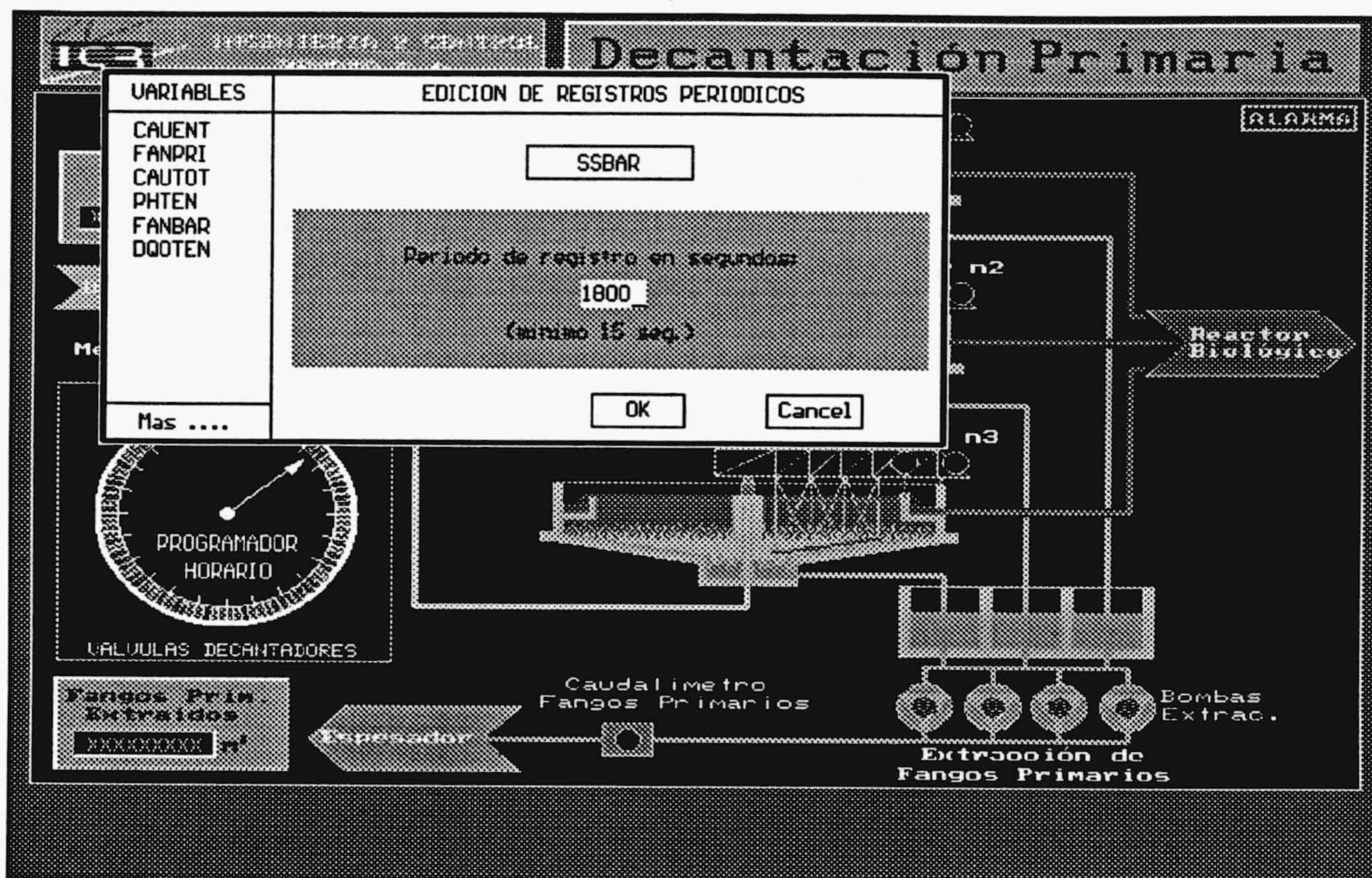


Figura 7.14: Edición de registro periódico.

Capítulo VIII.- Resultados prácticos. Proyectos realizados con el sistema SPIRAL

En este capítulo se pretende poner de manifiesto la viabilidad práctica del sistema construido. Para ello se resumen algunas de las aplicaciones de telecontrol realizadas con el sistema **SPIRAL**:

.Telecontrol de la *Estación de Tratamiento de Agua Potable de El Fargue* (GRANADA), en la Sección 8.1.

.Telecontrol de la *Red de Abastecimiento de Agua Potable de la ciudad de Antequera*, (MALAGA) en la Sección 8.2.

.Telecontrol de la *Red de Abastecimiento de Alcalá la Real* (JAEN), en la Sección 8.3.

.Telecontrol de la *Red de Abastecimiento de agua potable del municipio de Huelma* (JAEN), en la Sección 8.4.

.Telecontrol de la *Red de Abastecimiento de la Planta Desaladora del Sureste de Gran Canaria*, en la Sección 8.5.

.Telecontrol de la *Red de Abastecimiento de la Ciudad de Granada*, en la Sección 8.6.

.Telecontrol de la *Red de Abastecimiento del Bajo Almanzora* (ALMERIA), en la Sección 8.7.

8.1.- Telecontrol de la Estación de Tratamiento de Agua Potable de El Fargue

El proyecto consiste en el telecontrol de supervisión de la *Estación de Tratamiento de Agua Potable (ETAP) de El Fargue* y del bombeo de agua de *San Miguel*, centralizado en la sala de control de la *ETAP de Lancha de Cenes de EMASAGRA* (Figura 8.1). La primera fase del proyecto, en la que se instaló el telecontrol correspondiente a la *ETAP de El Fargue*, permitió el ensayo del prototipo del sistema **SPiRAL**. En una segunda fase, se amplió la red de telecontrol con la estación remota del bombeo de *San Miguel*.

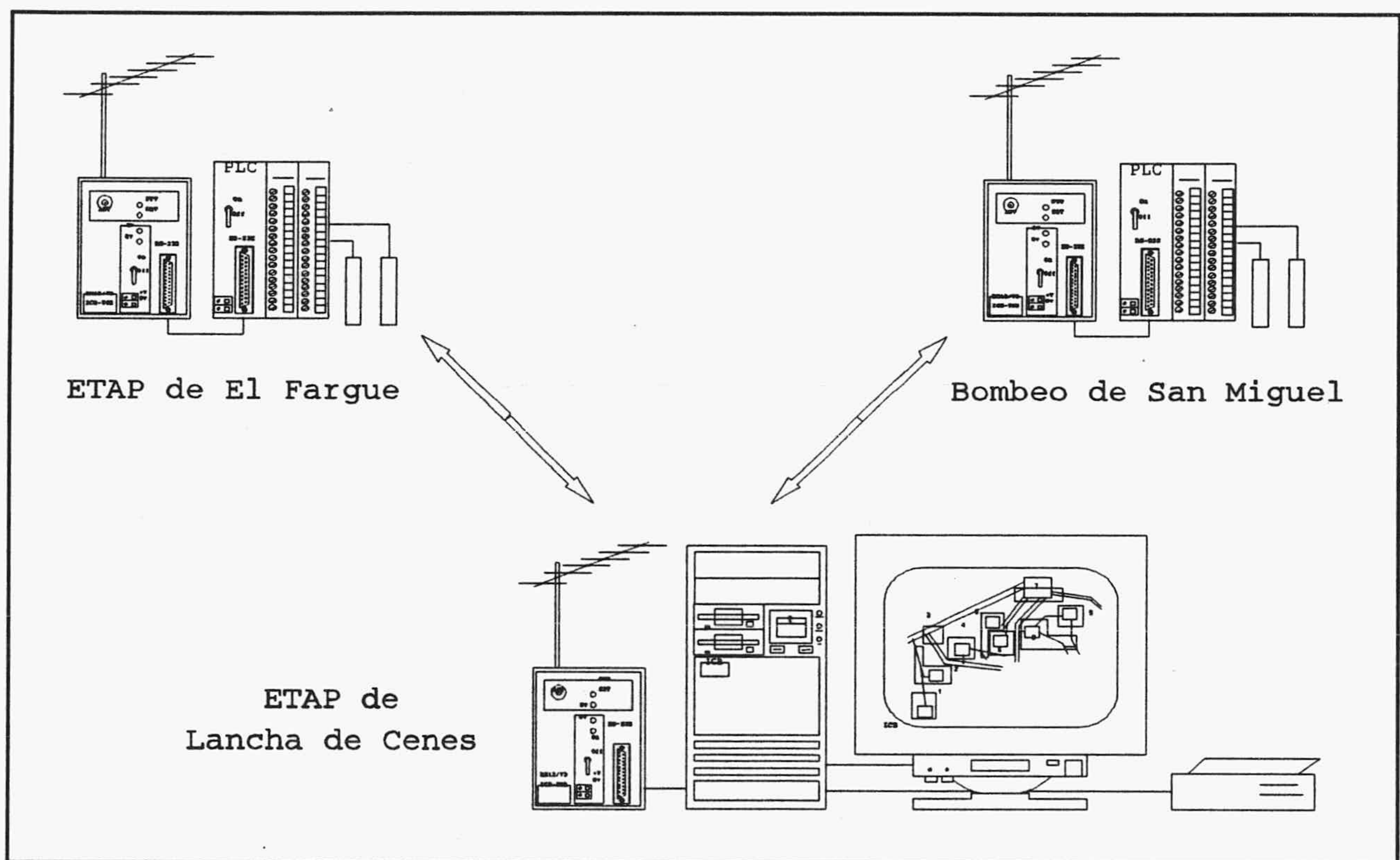


Figura 8.1: Telecontrol de la ETAP de El Fargue y bombeo de San Miguel.

La *ETAP de El Fargue* está constituida (Figura 8.2) por un depósito de entrada que recibe agua de la *Acequia de Aynadamar*, un sistema de filtrado, y un depósito principal sobre el que se realiza la cloración, por medio de dos dosificadoras de cloro, y de donde sale el agua a consumo. Además, en el depósito principal hay una entrada de agua procedente del bombeo de *San Miguel*, constituido por dos grupos de bombas.

El agua de entrada a la *ETAP* puede llegar directamente a los filtros a través de la válvula de *filtrado por gravedad (VFG)*, o por el contrario, pasar por el depósito de entrada

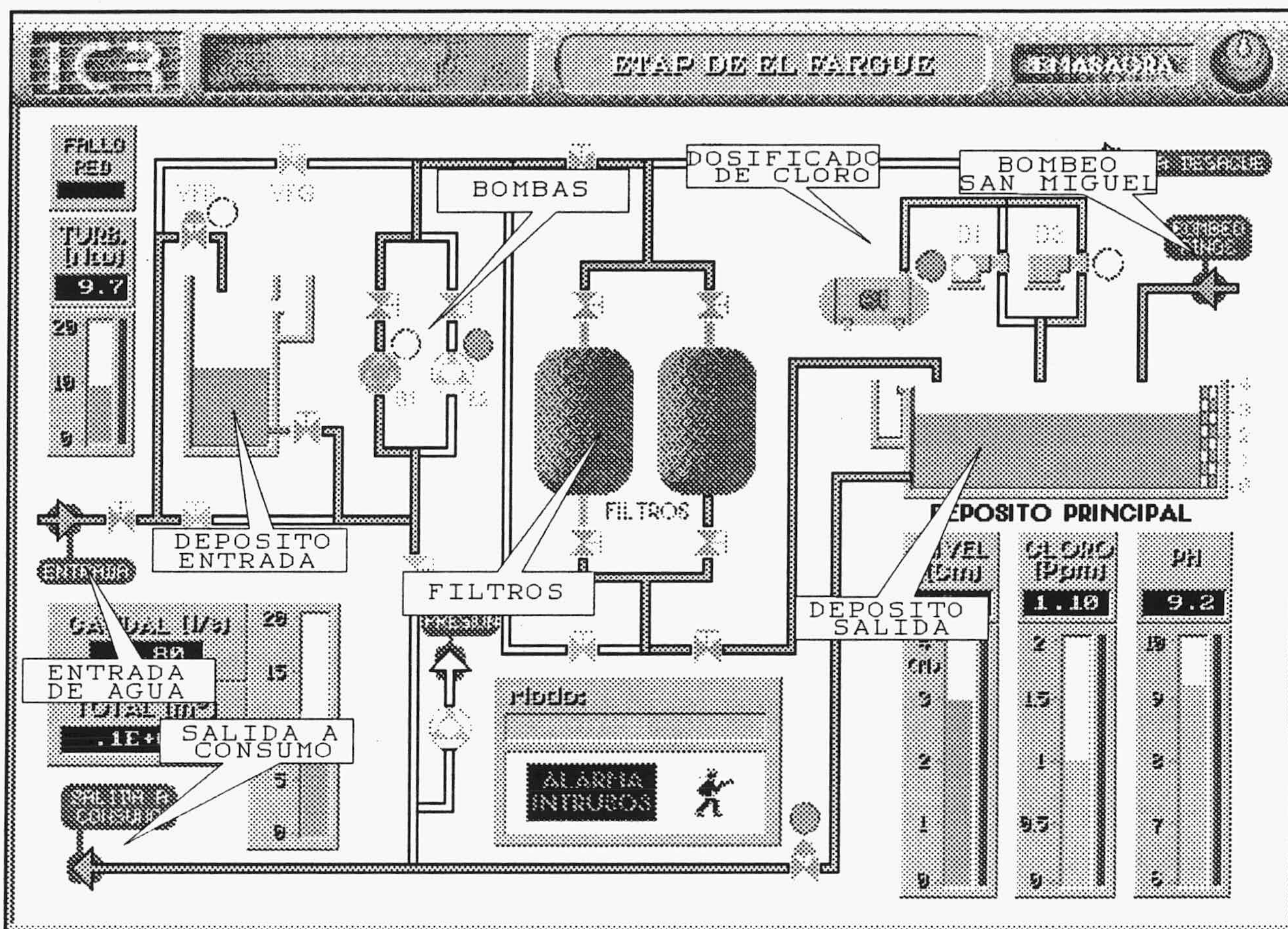


Figura 8.2: Sinóptico de la ETAP de El Fargue.

(válvula VFP) para bombearla posteriormente hacia los filtros utilizando las bombas B1 y B2 (filtrado por presión).

De la ETAP de El Fargue se supervisa la entrada de agua desde el depósito de San Miguel, el nivel, cloro y pH del depósito de salida, el nivel del depósito de entrada, el estado de las dos dosificadoras de cloro, de los dos grupos de bombas, y de las distintas válvulas, tanto motorizadas como no motorizadas, mostrando el modo de funcionamiento de la estación: *filtrado por gravedad* y *filtrado por presión*. Además se generan alarmas de averías en los grupos de bombas, en las dosificadoras de cloro y en las válvulas motorizadas, alarma por fallo de red, y alarma por la detección de intrusos en la estación. El telecontrol permite accionar la válvula de salida a consumo y elegir el *modo de funcionamiento* de la ETAP y la consigna de *dosificado de cloro*.

En el bombeo de San Miguel se supervisan y controlan los dos grupos de bombas que impulsan el agua hasta la *ETAP de El Fargue*, señalizando alarmas por avería para las dos bombas y para las dos válvulas, alarma por fallo de aspiración y alarmas por presencia de intrusos en el depósito, en el transformador y en la sala de bombas.

Como pantallas de fondo para la aplicación se han editado cinco imágenes gráficas. Una de ellas es la de presentación de la aplicación, y las otras cuatro son para que el operador interactúe con el sistema:

- 1) *PRESENTA*. Es visualizada al arrancar la aplicación.
- 2) *ELFARGUE*. Se trata de un esquema sinóptico detallado de la *ETAP de El Fargue* en el que aparecen todos los elementos a supervisar (Figura 8.2).
- 3) *S_MIGUEL*. Es un esquema sinóptico del bombeo de *San Miguel*.
- 4) *GENERAL*. Es un esquema sinóptico que representa conjuntamente los elementos más importantes de la *ETAP de El Fargue* y del bombeo de *San Miguel*.
- 5) *TENDEN*. Es una pantalla de fondo sobre la que se representan gráficos de tendencias, para la *ETAP de El Fargue*, de las variables correspondientes a turbidez del agua del depósito de entrada y nivel de agua, concentración de cloro, y pH del depósito de salida.

A continuación se describen las variables y animaciones definidas en la primera fase del proyecto, correspondiente a la *ETAP de EL Fargue*.

8.1.1.- Variables de la aplicación

En la Tabla VIII.1 se representan las variables de la aplicación. Como se ha mencionado anteriormente, en la tabla sólo se incluyen las variables correspondientes a la estación de la *ETAP de El Fargue*.

NOMBRE	TIPO	DIRECCION	COMENTARIOS
AB1FAR	Discreta	00003\00005.00	fallo bomba 1
AB2FAR	Discreta	00003\00005.01	fallo bomba 2
AD1FAR	Discreta	00003\00005.02	fallo dosificadora 1
AD2FAR	Discreta	00003\00005.03	fallo dosificadora 2
AGUAFAR	Discreta	00003\00004.13	agua en entrada
ALRINTFAR	Discreta	00003\00005.10	intrusos
AVGFAR	Discreta	00003\00005.05	fallo válvula gravedad
AVPFAR	Discreta	00003\00005.04	fallo válvula presión
AVSFAR	Discreta	00003\00005.06	fallo válvula salida
CAUSALFAR	Entera	00003\00010	caudal de salida
CAUTOT	Entera	00003\00012	caudal total
CLOSALFAR	Entera	00003\00007	cloro depósito salida
DEPOFAR	Discreta	00003\00004.11	depósito de entrada
DOSIFAR	Entera	00003\00001	dosificado cloro
EB1FAR	Discreta	00003\00004.00	estado bomba 1
EB2FAR	Discreta	00003\00004.01	estado bomba 2
ED1FAR	Discreta	00003\00004.02	estado dosificadora 1
ED2FAR	Discreta	00003\00004.03	estado dosificadora 2
EGRPRFAR	Discreta	00003\00004.06	estado grupo de presión
EVGAFAR	Discreta	00003\00004.06	estado válvula gravedad
EVPAFAR	Discreta	00003\00004.04	estado válvula presión
EVSAFAR	Discreta	00003\00004.08	estado válvula salida
FBPFAR	Discreta	00003\00005.09	forzado bombas presión
FREFAR	Discreta	00003\00005.08	fallo red
MODOFAR	Entera	00003\00000	forzar modo
MODO_ACT	Discreta	00003\00004.07	modo funcionamiento
NIVSALFAR	Entera	00003\00006	nivel depósito salida
PHSALFAR	Entera	00003\00008	pH depósito salida
TUBENTFAR	Entera	00003\00009	turbidez depósito entrada
VSALFAR	Entera	00003\00002	forzado válvula salida

Tabla VIII.1: Listado en orden alfabético de las variables de la aplicación.

8.1.2.- Animación de la pantalla de la ETAP de El Fargue

Para representar sobre la pantalla sinóptica la información correspondiente a la *ETAP de El Fargue* se han creado las animaciones que se exponen a continuación. La variable asociada con cada animación se representa incluida entre paréntesis. Los números que aparecen entre corchetes hacen referencia a las etiquetas superpuestas sobre la Figura 8.3.

[1] RELLENA el indicador de fallo en la red. El indicador se rellena en rojo cuando se produce un fallo en la red y en negro en caso contrario. FALLOREDFAR.

[2] RELLENA el indicador de estado de la válvula motorizada de filtrado por presión. Rellena en azul cuando está abierta y en gris cuando está cerrada.

[3] RELLENA la indicación de fallo de la válvula motorizada de filtrado por presión (AVPFAR). Rellena en rojo cuando hay fallo y en negro cuando no lo hay.

[4] RELLENA el indicador de estado de la válvula motorizada de filtrado por gravedad. Rellena en azul cuando está abierta y en gris cuando está cerrada. EVGCFAR.

[5] RELLENA el indicador de fallo de la válvula motorizada de filtrado por gravedad. Rellena en rojo cuando hay fallo. AVGFAR.

[6] RELLENA el nivel superior del depósito de entrada. Indica sólo dos niveles: totalmente lleno y a la mitad. DEPOFAR

[7] **VALOR** numérico de la turbidez en el depósito de entrada (TUBENTFAR). Proporciona una medida de la turbidez mediante la representación numérica de su valor en Ntu.

[8] **BARRA** indicadora de la turbidez en el depósito de entrada (TUBENTFAR). Proporciona una medida de la turbidez mediante una BARRA indicadora vertical de color magenta.

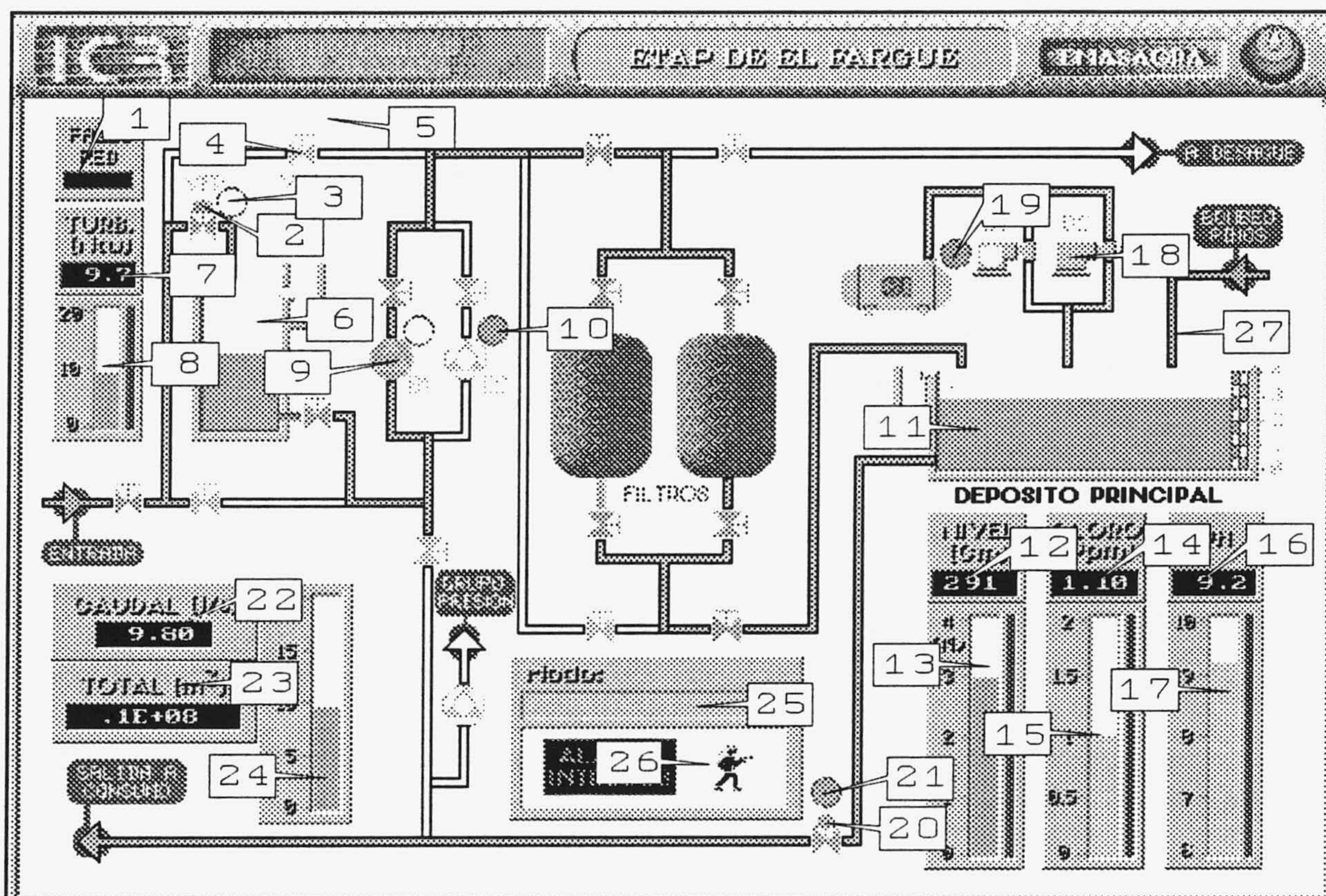


Figura 8.3: Animación de la pantalla sinóptica de El Fargue.

[9] **RELLENA** los indicadores de estado de las Bombas 1 y 2. Rellena en color azul cuando están en marcha y en negro cuando están en paro. EB1FAR, EB2FAR.

[10] **RELLENA** los indicadores de fallo en Bombas 1 y 2. Cuando hay fallo se muestra en color rojo.

[11] **BARRA sinóptica de agua del depósito de salida.** La representación sinóptica del depósito con una barra vertical azul proporcional al nivel permite ver de forma intuitiva y rápida el nivel del depósito de salida.

[12] **VALOR numérico que representa la altura del nivel del depósito de salida.** Se indica un valor numérico que representa la altura del nivel de agua en cm. NIVSALFAR.

[13] **BARRA indicadora del nivel del depósito de salida.** Es un instrumento indicador de tipo barra en color azul. NIVSALFAR.

[14] **VALOR numérico de la medida de cloro del depósito de salida.** Proporciona un valor numérico en ppm de la concentración de cloro en el depósito de salida. CLOSALFAR.

[15] **BARRA indicadora de la concentración de cloro en el depósito de salida.** Es un instrumento indicador de tipo barra en color amarillo. NIVSALFAR.

[16] **VALOR numérico de la medida del pH del depósito de salida.** PHSALFAR.

[17] **BARRA indicadora de la medida del pH del depósito de salida.** Es un instrumento indicador de barra en color azul claro. NIVSALFAR.

[18] **RELLENA los indicadores de estado de las dosificadoras de cloro.** Se rellenan en color amarillo cuando están funcionando y en color negro en caso contrario. ED1FAR, ED2FAR.

[19] **RELLENA los indicadores de fallo en las dosificadoras de cloro.** Rellena en rojo cuando hay fallo en las dosificadoras de cloro. AD1FAR, AD2FAR.

[20] RELLENA la indicación de estado de la válvula motorizada de salida. Aparece en azul cuando está abierta y en gris claro cuando está cerrada. EVSAFAR, EVSCFAR. AVSFAR.

[21] RELLENA la indicación de fallo de la válvula motorizada de salida. El indicador de fallo aparece en rojo cuando hay fallo en la válvula, y en negro cuando no lo hay. EVSAFAR, EVSCFAR. AVSFAR.

[22] VALOR numérico del caudal de salida. Muestra el caudal de salida con un valor numérico. CAUSALFAR.

[23] VALOR numérico del Total acumulado de metros cúbicos. Indica el número total de m³ de agua que han salido del depósito. CAUTOTHI, CAUTOTLO

[24] Barra indicadora del caudal de salida. Muestra el caudal de salida con un instrumento indicador de tipo barra, en color azul oscuro. CAUSALFAR.

[25] ROTULO de modo de funcionamiento. Puede indicar los modos de filtrado por presión (F_PRESION) o filtrado por gravedad (F_GRAVEDAD). El modo de filtrado se muestra, además, con rellenados en color azul sobre aquellas tuberías por las que circula el agua en cada modo. MODOFAR.

[26] SIMBOLO de alarma de intrusos. Aparece un símbolo de intruso cuando se detecta la presencia de intrusos en la estación. ALRINTFAR.

[27] RELLENA la tubería de entrada de agua de San Miguel. Se rellena en color azul cuando se detecta entrada de agua desde el bombeo de San Miguel.

8.1.3.- Menú de funciones de la pantalla de la ETAP de El Fargue

La Tabla VIII.2 representa el *menú raíz* asociado a la pantalla sinóptica de *El Fargue*. La opción F9 (cambiar a menú dosifica) selecciona el menú de dosificado de cloro, representado en la Tabla VIII.3.

Tecla	Función	Comentario
F1:	Cambiar a pantalla PRESENTA y menú PRESENTA	Pasa a la pantalla de <i>presentación</i> .
F2:	Cambiar a pantalla S_MIGUEL y menú S_MIGUEL	Pasa a la pantalla de <i>bombeo de San Miguel</i> .
F5:	Forzar la variable MODOFAR con el valor 1	Cambia a <i>modo de filtrado por presión</i> .
F6:	Forzar la variable MODOFAR con el valor 2	Cambia a <i>modo filtrado por gravedad</i> .
F7:	Forzar la variable VSALFAR con el valor 1	Abrir <i>válvula de salida</i> .
F8:	Forzar la variable VSALFAR con el valor 2	Cerrar <i>válvula de salida</i> .
F9:	Cambiar a menú DOSIFICA	<i>Aparece el menú de dosificado de Cloro.</i>

Tabla VIII.2: Menú de funciones FARGUE.

Tecla	Función	Comentario
F1:	Incrementar la variable DOSIFAR con el valor 1	Aumentar dosificado de cloro.
F2:	Decrementar la variable DOSIFAR con el valor 1	Disminuir dosificado de cloro.
F9:	Cambiar a menú FARGUE	Aparece el menú general de la pantalla de El Fargue.

Tabla VIII.3: Menú de funciones DOSIFICA.

8.2.- Telecontrol de la Red de Abastecimiento de Agua Potable de Antequera

En la primera fase se ha instalado una estación central de supervisión de la red de aguas, situada en las oficinas centrales de la empresa AGUAS DEL TORCAL en la ciudad de *Antequera*, y una estación remota de Telecontrol en el *Nacimiento de la Villa*, ubicado en la carretera de *El Torcal de Antequera*, estando prevista una próxima ampliación que incluirá el telecontrol de los depósitos de la ciudad.

Desde la estación central se controlan y supervisan dos bombas situadas en dos sondeos diferentes, que deben funcionar cuando el agua falte en el *Nacimiento de La Villa*, un nacimiento natural situado a unos cien metros de distancia del bombeo. Desde aquí el agua se distribuye por caída libre a varios depósitos que abastecen directamente a la ciudad de Antequera.

En la estación central se ha instalado un ordenador compatible 486/33 comunicado con el radiomodem central a través de un interfaz serie RS-485. Además se ha instalado un sinóptico mural, representando la red de abastecimiento, sobre el que quedan reflejadas en tiempo real las variables más importantes.

El control local en la estación remota está a cargo de dos Controladores Lógicos Programables, situado uno en el *nacimiento de la Villa*, y en la caseta del primer bombeo el otro, comunicados entre si mediante red local (Ver Figura 8.4). El radiomodem remoto se ha conectado al controlador del *nacimiento de la Villa* a través de un interfaz RS-232.

El sistema instalado permite que desde el ordenador de la sala de control central se realicen, a través de las dos pantallas representadas en la Figura 8.5 y la Figura 8.6, las

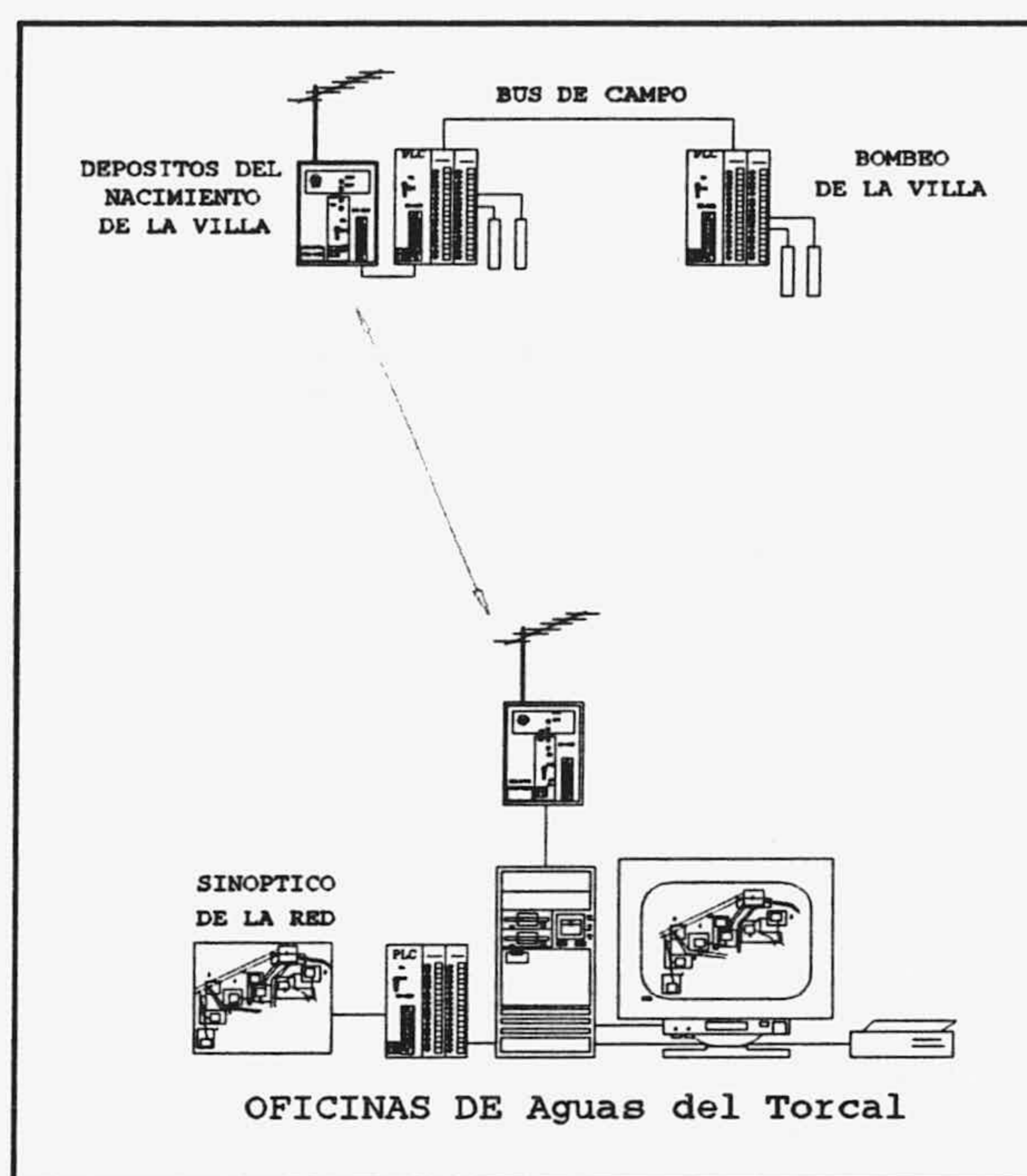


Figura 8.4: Telecontrol del Bombeo de la Villa (Antequera).

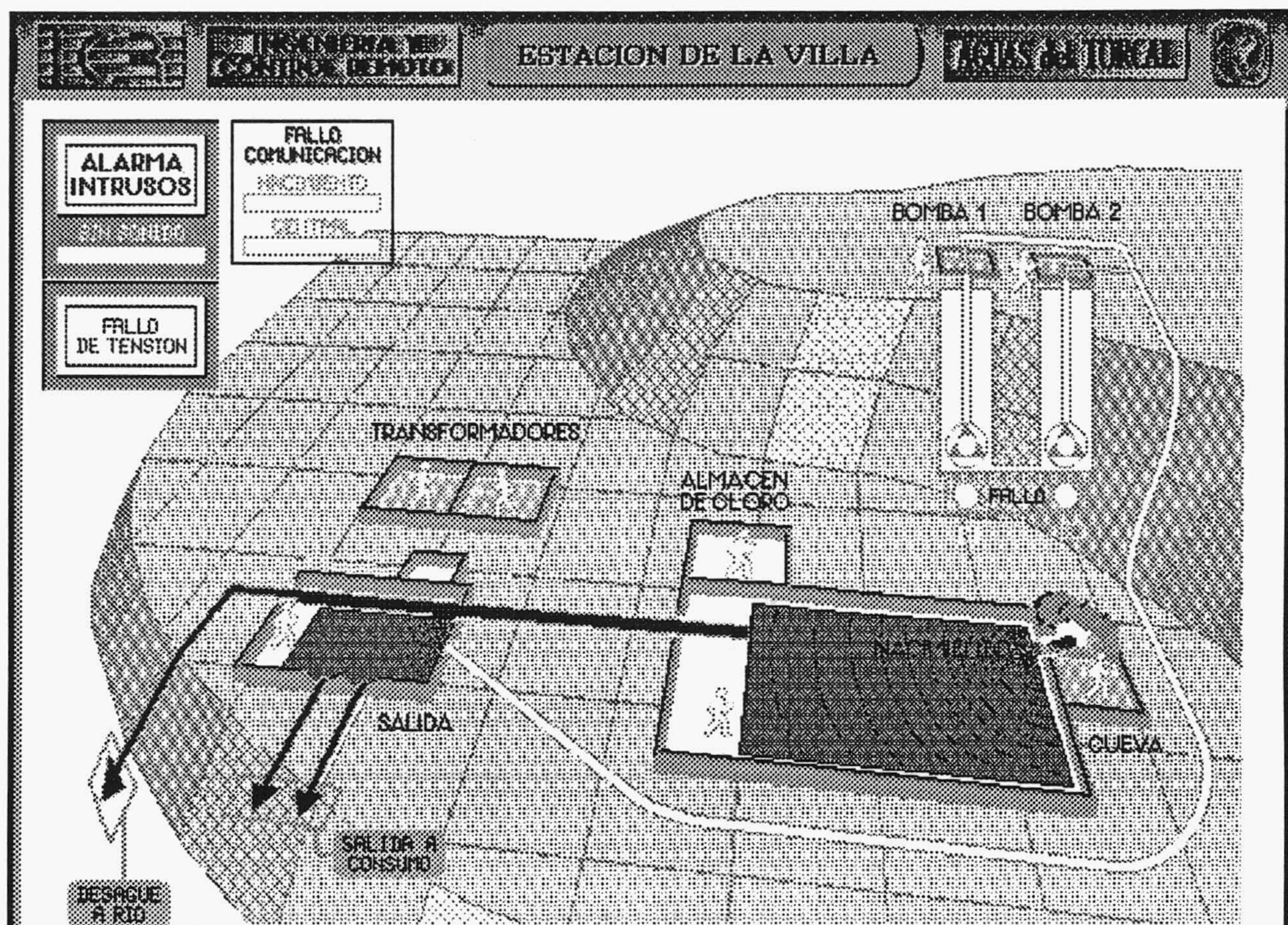


Figura 8.5: Pantalla sinóptica del Bombeo de La Villa, Antequera.

siguientes tareas de control de supervisión:

- . Monitorización del estado actual de los bombeos en tiempo real.
- . Visualización la evolución en los últimos días del nivel de los sondeos.
- . Presencia de intrusos en cualquiera de las 8 casetas que componen las instalaciones, por medio de detectores de movimientos por infrarrojos.
- . Aviso sonoro y visual en la central de *Aguas del Torcal* ante un evento.
- . Aviso sonoro por radio al técnico de guardia de *Aguas del Torcal* durante las tardes y noches, cuando no hay nadie en la central.

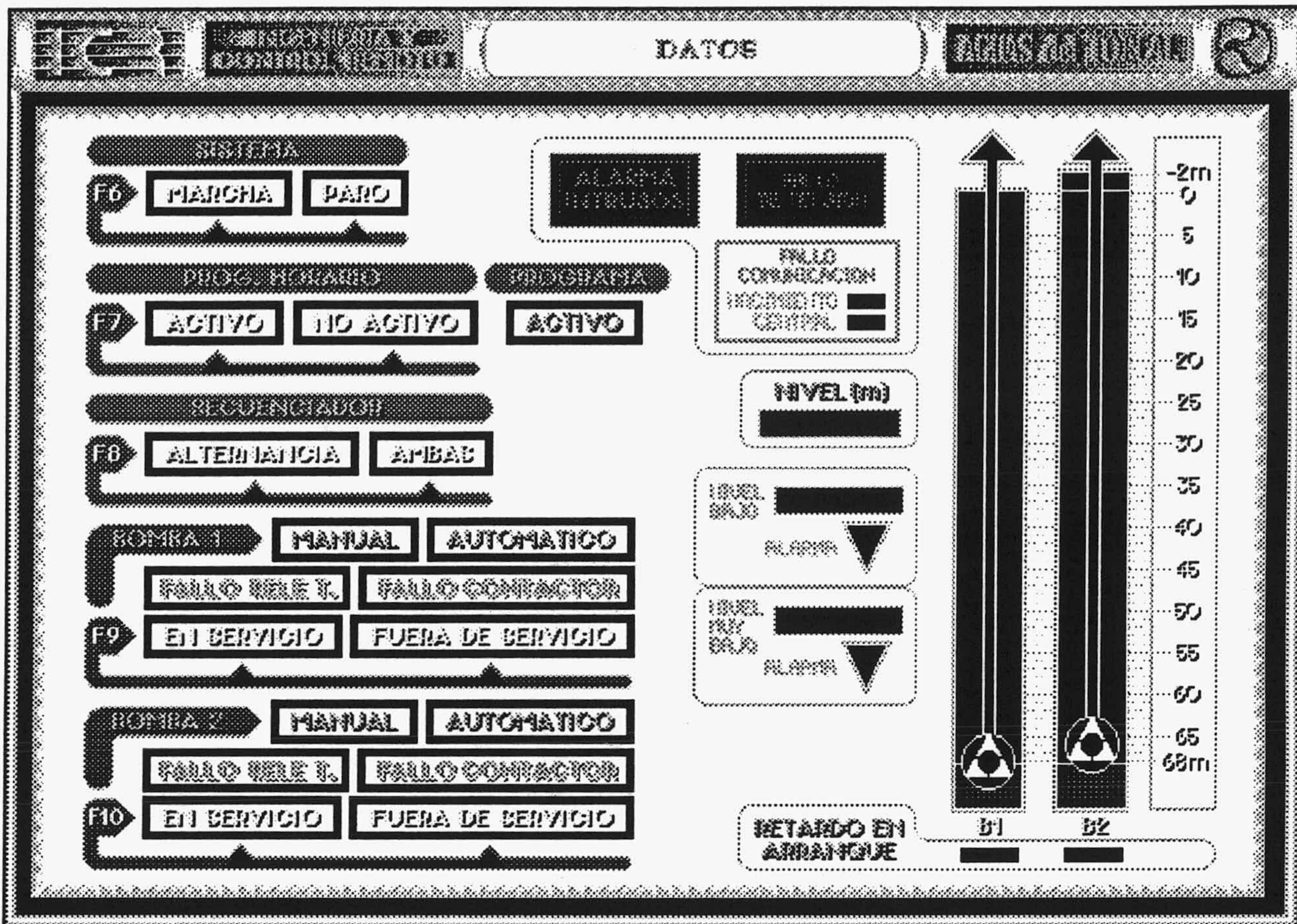


Figura 8.6: Pantalla de datos de del Bombeo de La Villa, Antequera.

- . Puesta en funcionamiento o parada de cualquiera de las bombas.
- . Selección de marcha simultanea de ambas bombas o modo de alternancia.
- . Puesta en fuera de servicio de cualquiera de las bombas.
- . Control del nivel del pozo, de forma que bajo un mínimo no funcionen las bombas.
- . Programación del funcionamiento de las bombas por horas.
- . Representación de las principales variables en el sinóptico mural que refleja toda la red de abastecimiento de *Antequera*.

8.3.- Telecontrol de la Red de Abastecimiento de Alcalá la Real (JAÉN)

El proyecto consiste en la instalación de un Sistema de Telecontrol para realizar un control total de la red de abastecimiento de agua de *Alcalá la Real (Jaén)*. Esta se compone en su primera fase de 6 depósitos, 2 sondeos y 4 depósitos con bombas de elevación, que dan lugar a un total de 12 estaciones remotas que se comunican por radiomodem con una estación central situada en la ciudad de *Alcalá la Real*, desde donde se monitoriza toda la red y se actúa remotamente sobre todos los elementos que la componen, sin necesidad de desplazamiento alguno.



Figura 8.7: Distribución geográfica de la red de abastecimiento de aguas de Alcalá la Real.

Las estaciones remotas situadas en los depósitos se encargan de transmitir a la central datos como el nivel, el caudal instantáneo y el valor totalizado de los metros cúbicos de agua salidos del depósito. En los bombeos y elevaciones se actúa sobre las bombas y se controla

su funcionamiento en base a una programación horaria (que permite un ahorro significativo en la facturación de energía eléctrica) y al nivel de los depósitos que abastecen.

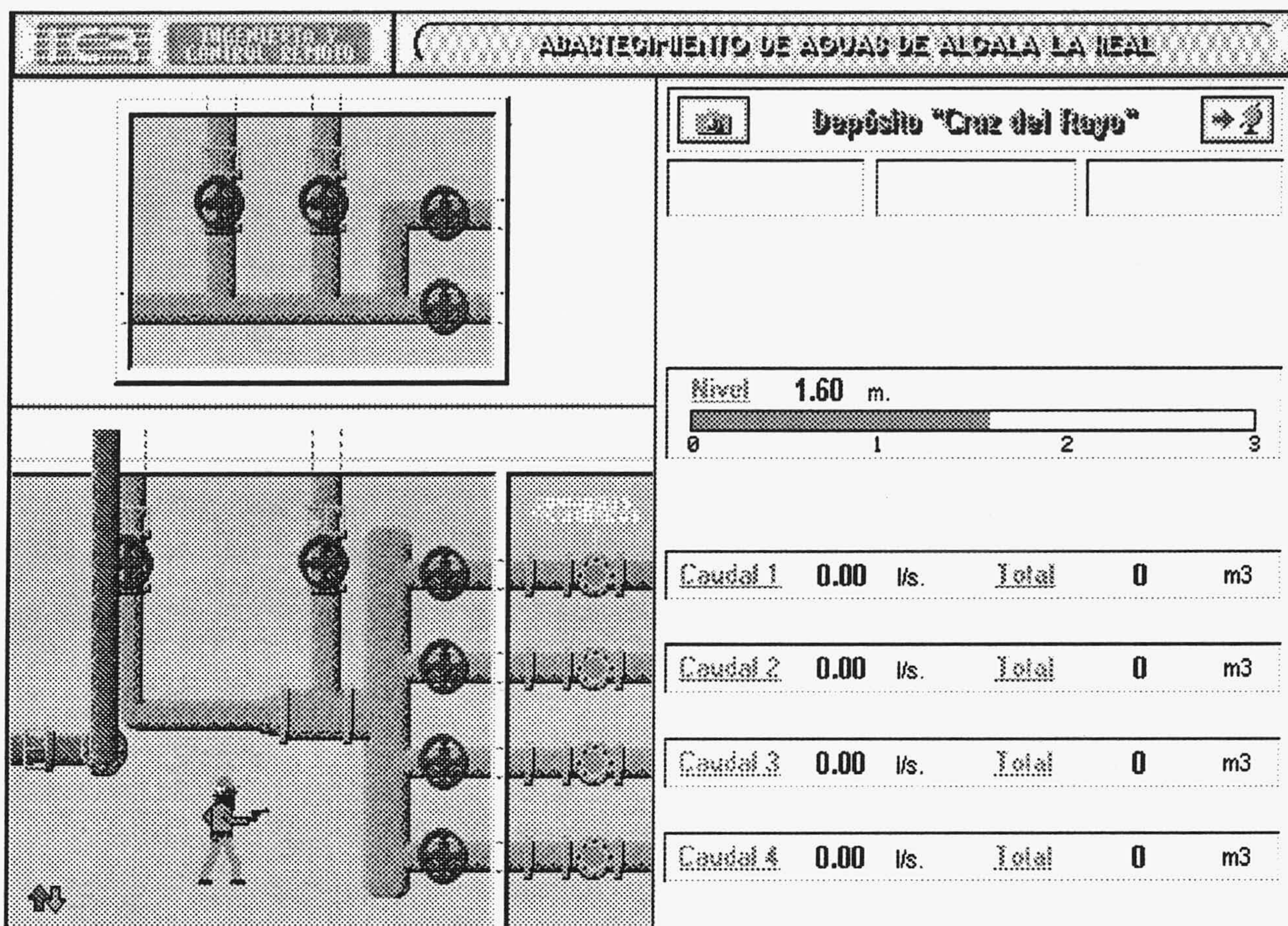


Figura 8.8: Pantalla sinóptica del depósito Cruz del Rayo, en Alcalá La Real.

8.4.- Telecontrol de la Red de Abastecimiento de agua potable del municipio de Huelma (JAEN)

La primera fase de este proyecto ha consistido en el telecontrol de supervisión del principal punto de abastecimiento de la localidad de *Huelma*. El sistema se compone de la Estación Central, localizada en el ayuntamiento, y la Estación Remota 1 (*Pozo de Gualijar*) localizada en *Sierra Mágina*.

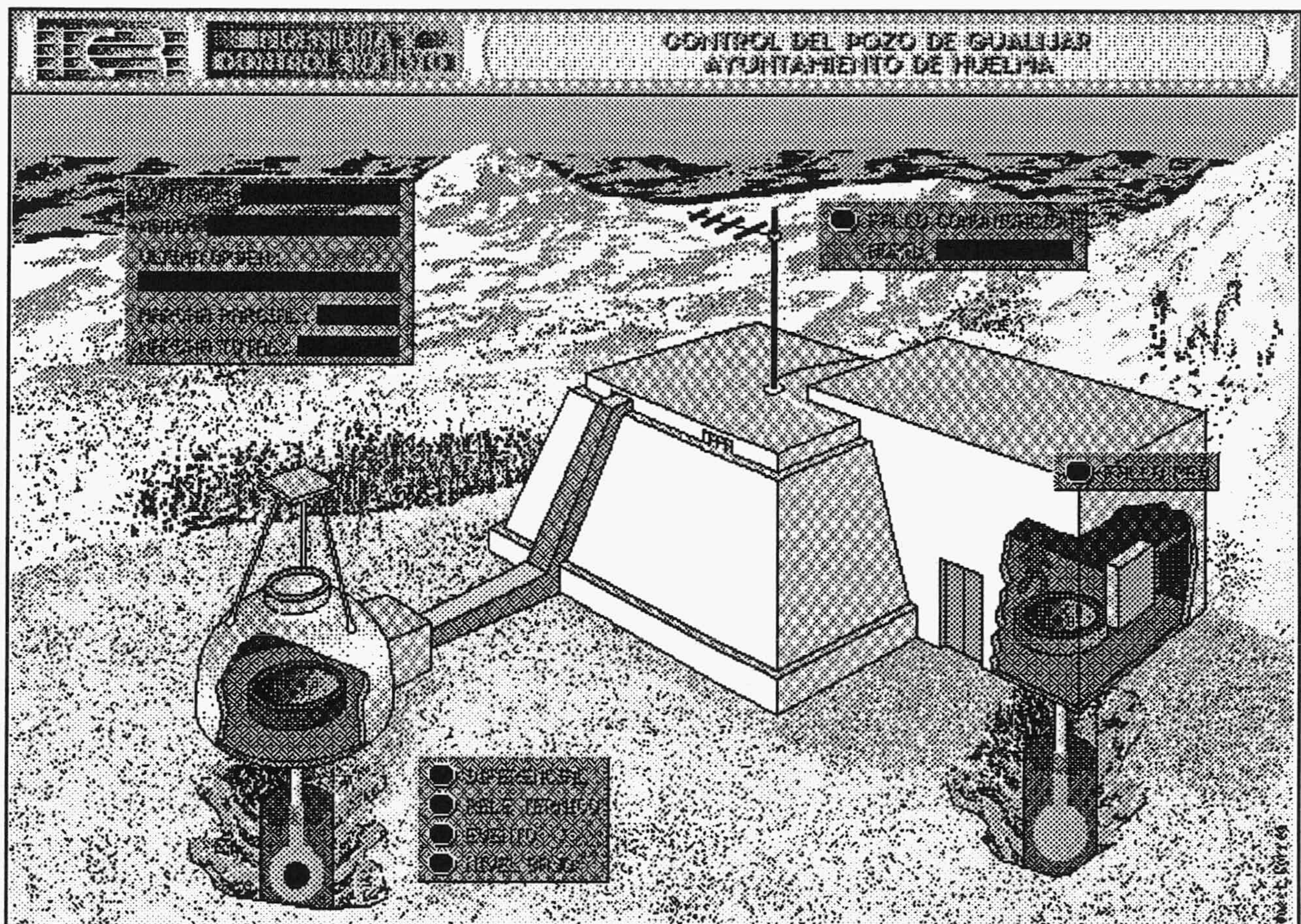


Figura 8.9: Pantalla sinóptica de telecontrol del Pozo de Gualijar, Huelma.

La aplicación consta de una única pantalla de fondo (Figura 8.9) en la que se muestra el pozo de *Gualijar*, sobre el que se realiza la supervisión de:

- .Estado del bombeo. Indica si la bomba está en funcionamiento o parada.

.Tipo de control. Puede ser *local*, en el que el funcionamiento del bombeo se regula directamente desde el cuadro eléctrico situado en el pozo, o *remoto*, en el que el control se realiza desde la estación central.

.Modo de funcionamiento. Puede ser *manual*, *con parada temporizada* o *mediante programador horario*.

.Horas de marcha parciales. Indica el número de horas transcurridas desde la última orden de marcha de la bomba.

.Horas de marcha totales. Indica el número de horas totales de marcha de la bomba desde que se instaló el equipo. Este dato es importante para el mantenimiento.

.Alarma de diferencial. Se activa cuando ha saltado el diferencial.

.Alarma de relé térmico. Se activa cuando salta el relé térmico por sobrecalentamiento de la bomba.

.Alarma de evento detectado. El evento es un funcionamiento incorrecto que se produce cuando el contactor falla y no responde a la orden de marcha o parada.

.Alarma de nivel bajo del pozo. Nos indicará cuando se ha parado la bomba por falta de agua en el pozo.

.Fallo de la red. Puede indicar fallo de la red o fallo de las protecciones del equipo de telecontrol.

.Fallo de comunicación. Indica cuando existe un fallo de comunicación con la estación remota y la hora desde la cual la comunicación está interrumpida.

.Presencia de intrusos. Se representa como un icono en color rojo.

El programa permite actuar sobre la bomba a través de tres modos de funcionamiento:

Modo manual. En este modo la parada o la marcha se fuerzan directamente desde la central.

Modo de parada temporizada. En este modo, se le puede dar una orden de marcha de la bomba y dejarla funcionando hasta que se haya cumplido el tiempo límite del temporizador.

Modo programador horario. Permite definir hasta 5 programas de funcionamiento de la bomba. En cada programa se define la hora de inicio y la hora de final y al activar este modo el sistema funciona de forma automática, arrancando y parando las bombas diariamente a las horas especificadas.

8.5.- Telecontrol de la Red de Abastecimiento de la Planta Desaladora del Sureste de Gran Canaria

En esta instalación se controla la distribución del agua potabilizada en la *Planta Desaladora del Sureste de Las Palmas de Gran Canaria*. Se compone de una estación central, situada en la planta desaladora, y cinco estaciones remotas que se comunican con la primera vía radio. El sistema controla de forma automática la distribución de agua desde la planta hasta las cinco estaciones remotas situadas a varios kilómetros de la central.

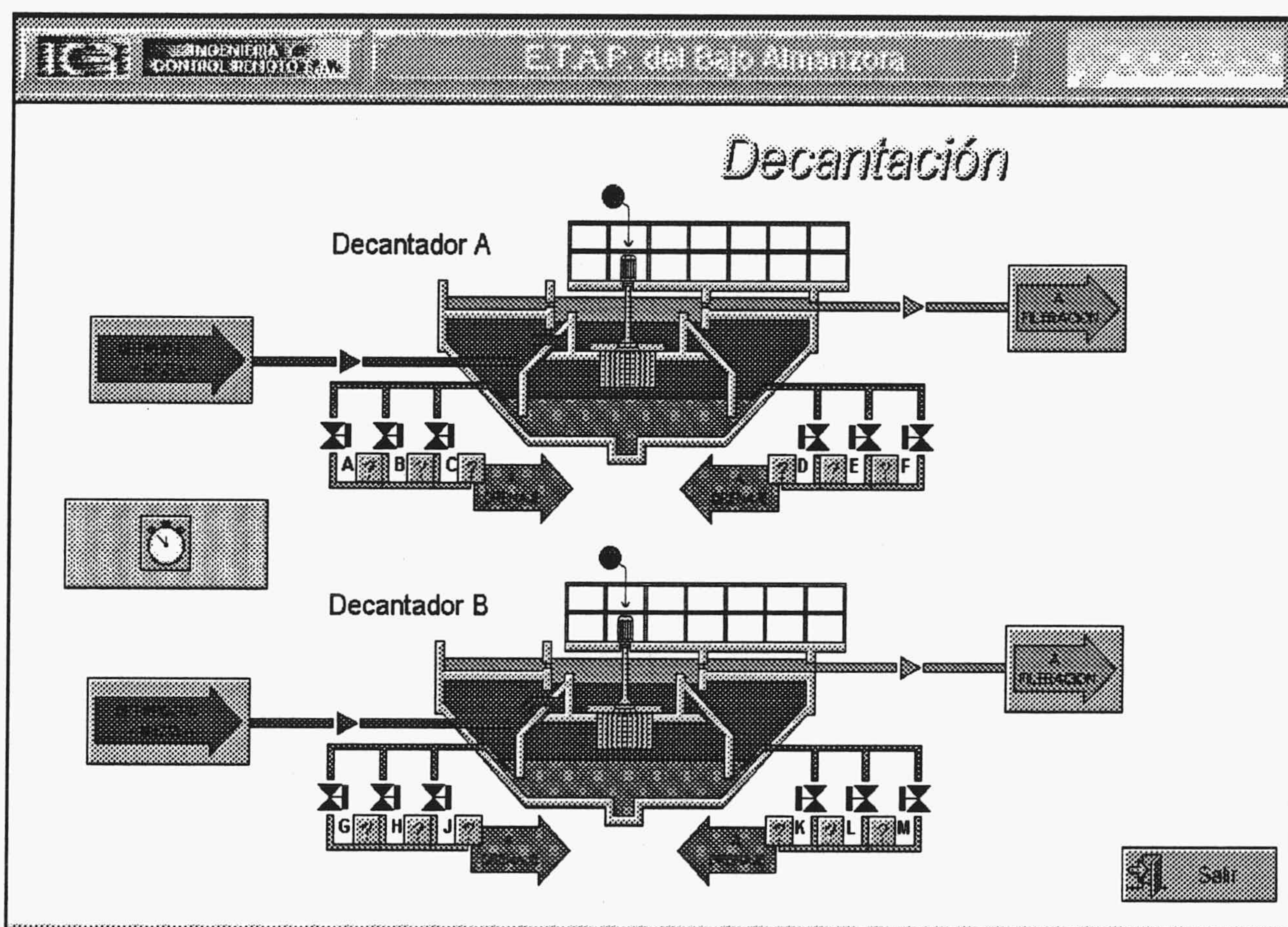


Figura 8.10: Pantalla sinóptica de los decantadores de la ETAP del Bajo Almanzora.

Desde la estación central, y para cada punto remoto de control, se puede:

Representar el estado de las bombas y las válvulas

- . **Mostrar los valores de caudal instantáneo y caudal totalizado en las salidas hacia otras estaciones**

- . **Mostrar los niveles de depósitos intermedios (en los que existen sensores)**

- . **Actuar de forma manual sobre válvulas (abriéndolas o cerrándolas) y bombas (poniéndolas en marcha o parándolas)**

- . **Actuar de forma automática sobre las válvulas. Cada válvula se puede poner de forma independiente en modo automático o manual. En modo manual funciona en la forma ya descrita, mientras que el modo automático permite especificar el volumen de agua que se desea dejar pasar a través de una válvula y la hora a la que debe comenzar. Así se puede controlar totalmente la distribución de agua sin necesidad de un operador humano.**

- . **Mostrar alarmas en pantalla y en impresora cuando se detecta presencia de intrusos, fallo en la red, fallo en la batería del PLC o fallo de comunicación.**

8.6.- Telecontrol de la Red de Abastecimiento de la Ciudad de Granada

Desde la estación central de telecontrol, ubicada en las oficinas centrales de EMASAGRA, se controla toda la red de distribución en alta de agua potable de la ciudad de Granada. Esta red está compuesta (Figura 8.11) por un total de 14 depósitos, 6 bombeos y dos bifurcaciones. Se integra también en la red de telecontrol información de las ETAP de Lancha de Cenes y de El Fargue.

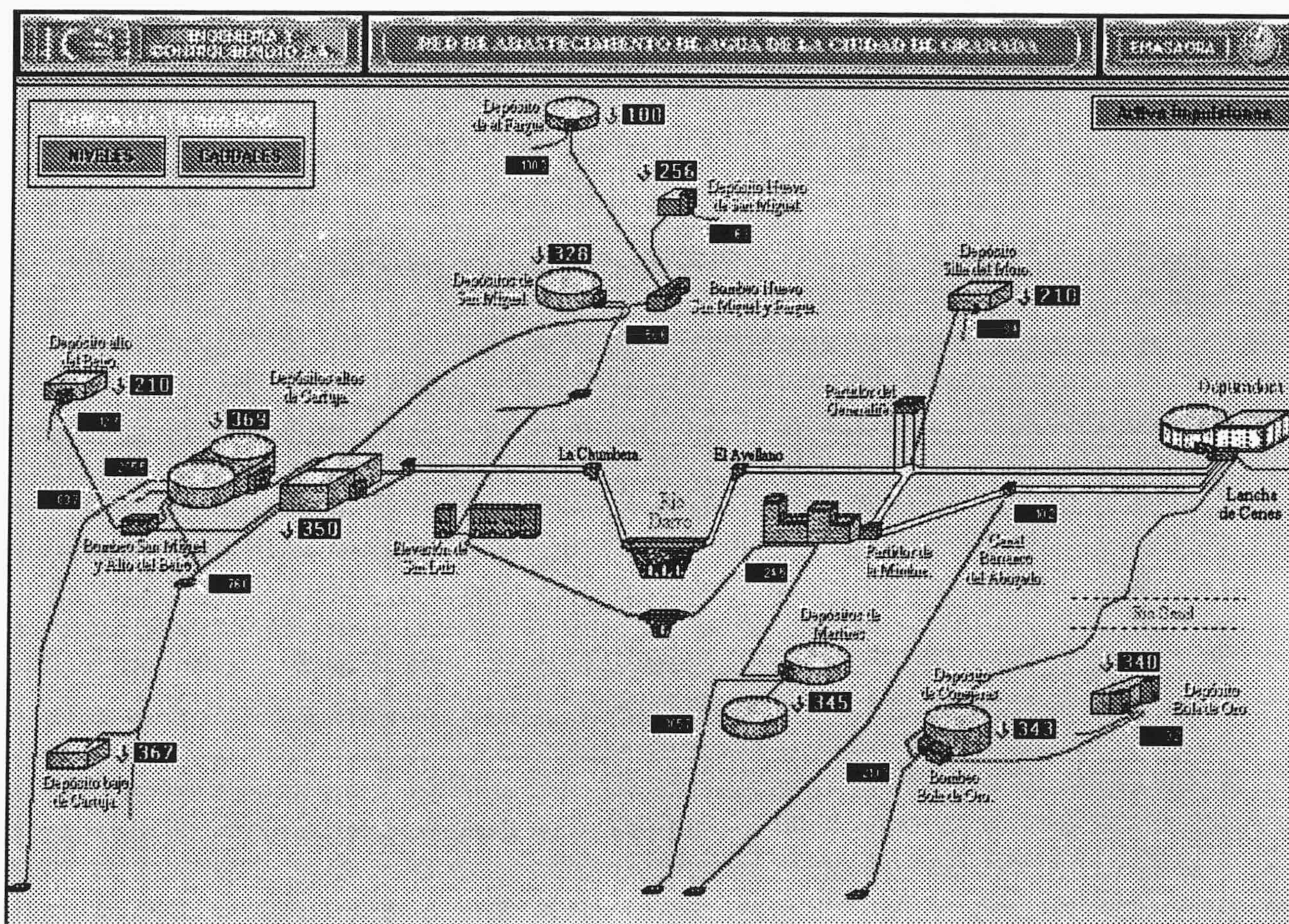


Figura 8.11: Red de Abastecimiento de Agua de la Ciudad de Granada.

El sistema instalado permite disponer de un control centralizado y en tiempo real sobre todos los elementos de la red de alta del abastecimiento de Granada. Los elementos a controlar más cercanos se comunican mediante una red por cable y constituyen una estación remota, y a su vez, todas las estaciones remotas mandan sus datos a la estación central por radio. De esta manera, aunque las captaciones de las señales se hacen de forma distribuida

en cada punto utilizando autómatas programables, toda la información de la red se tiene centralizada y disponible en el sistema informático de la estación central.

La Red de Alta está compuesta por:

- . 14 Depósitos con: válvulas reguladoras, caudalímetros, medidores de nivel, medidores de presión, sondas, detectores de presencia y cuadros eléctricos.
- . 6 Bombes con: válvulas, motores, medidores de consumo, detectores de presencia y cuadros eléctricos.
- . 2 Partidores o bifurcaciones con: compuertas, medidores de nivel, caudalímetros, detectores de presencia y cuadros eléctricos.

Estos elementos se agrupan formando 6 estaciones remotas, que sumadas a la estación de tratamiento de agua potable (*ETAP de Lancha de Cenes*), hace un total de 7 estaciones remotas conectadas vía radio.

La estación central se compone de dos salas de control: una principal con 2 puestos de trabajo y un retroproyector como sinóptico, y otra secundaria con 1 sólo puesto de trabajo. Estos 3 puestos están conectados entre sí utilizando una red local (*Windows* para trabajo en grupo), y estos a su vez también se comunican con el servidor (utilizando *Novell Netware*) encargado de la gestión de la empresa de aguas de *Granada* (EMASAGRA), consiguiendo así una integración total, ya que los datos de la red de abastecimiento se pueden procesar y contrastar con los datos recogidos por los ordenadores de gestión. Uno de los dos puestos de trabajo de la sala de control principal está conectado al radiomodem central encargado de las comunicaciones por radio. Los otros dos puestos de trabajo reciben la información de la aplicación a través de la red local, con lo cual los tres puestos pueden visualizar y modificar la información independientemente.

Cada estación remota contiene un radiomodem **Spiral 1200** para comunicarse vía radio con la central y un autómata programable *SIEMENS* de la serie *Simatic* (modelos

S5-115U, S5-95U, ET-100) conectado a este. Si la estación remota está formada por varias subestaciones, la comunicación entre estas se hace por cable de dos formas: utilizando una red local entre autómatas (*SINEC L1*) o utilizando una descentralización *ET-100*.

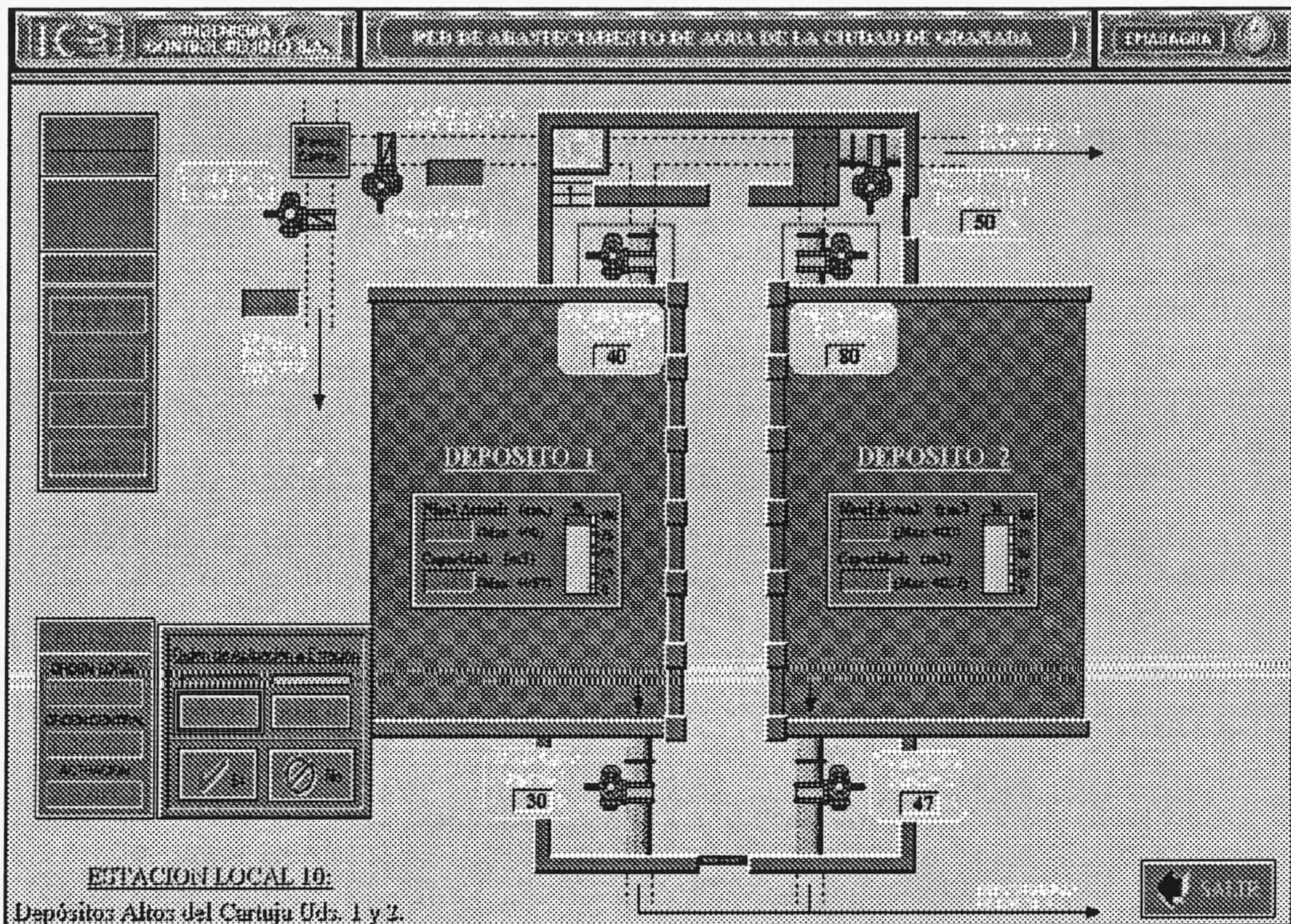


Figura 8.12: Pantalla sinóptica de los Depósitos Altos 1 y 2 de Cartuja, Granada.

La información que proporcionan las estaciones remotas permite supervisar:

- .Niveles de depósitos y canales.
- .Caudales de salida.
- .Niveles de cloro y turbidez.
- .Presiones después de reductoras.

- .Posiciones de válvulas, compuertas y reguladoras.
- .Intensidades de consumo de motores.
- .Estados de válvulas y compuertas (abierta, cerrada, disponible).
- .Estados de motores (funcionando, disponible).
- .Alarmas eléctricas de válvulas, compuertas y motores.
- .Fallos de tensión en red, de alimentación de relés, de rectificador de batería, ...
- .Alarmas de intrusos.
- .Sondas de máximos y mínimos.
- .Modos de mando de la estación y de los grupos de bombeos.

El forzado sobre las estaciones remotas permite controlar:

- .La apertura y cierre de válvulas y compuertas.
- .Puesta en marcha o paro de motores.
- .Elección del modo de funcionamiento de las reductoras.
- .Elección de los modos de funcionamiento de la estación y grupos de bombeos.

8.7.- Telecontrol de la Red de Abastecimiento del Bajo Almanzora (ALMERIA)

El proyecto consiste en el telecontrol centralizado de toda la *Red de Abastecimiento del Bajo Almanzora*. En la primera fase se ha realizado la supervisión vía radio de la ETAP, de los depósitos de reparto DII y DIII así como de los depósitos de *Huercal Overa I, Huercal Overa II, Arboleas, Zurgena, Cuevas de Almanzora, Pulpí, Guazamara, Antas I, Antas II, Antas III, Vera, Vera Playa, Garrucha, Los Gallardos, Turre, Mojacar y Carboneras*, y de las bifurcaciones *Arteria Norte_Arteria de Pulpí, Ramal de Vera_Antas, Ramal de Zurgena_Arboleas, Ramal de Vera Playa, Ramal de Mojacar y Ramal de Turre_Los Gallardos*. La sala de control se ha instalado en la central de mantenimiento y supervisión de las oficinas de GALASA en *Vera*.

En cada uno de los depósitos de la red se supervisa, en tiempo real, el nivel, estado de la válvula de entrada, caudal instantáneo y totalizado, detector de intrusos, fallo de batería y fallo de tensión; se actúa sobre la válvula de entrada. Se representan gráficos con la evolución temporal del consumo para cada depósito, se monitorizan alarmas en pantalla con avisos acústicos y grabación de eventos en disco. Para realizar maniobras es necesario introducir la clave correspondiente; se registra la maniobra efectuada, la fecha, la hora y el nombre del operador autorizado. En las bifurcaciones se realiza el control remoto de la apertura y cierre de las válvulas (simples y dobles), se monitoriza el estado de las mismas, fallos al realizar maniobras de apertura o cierre, fallo de batería, fallo de tensión y detección de intrusos. Se registran algunos parámetros de la ETAP, tales como nivel del depósito y estado de las bombas de impulsión a los depósitos de reparto.

La información se centraliza tanto en las oficinas centrales de GALASA como en el centro de operación, pero sólo se permite actuaciones remotas desde la anterior. En pantalla aparece un mapa (Figura 8.13) con la ubicación real de las estaciones; mediante una selección por ratón se accede a cualquiera de ellas para monitorizar niveles, caudales y estado de válvulas o para efectuar maniobras.

Cada una de las estaciones remotas de telecontrol consiste en un radiomodem *Spiral 1200*, un autómatas programable *Siemens S5-95U*, un sistema de alimentación

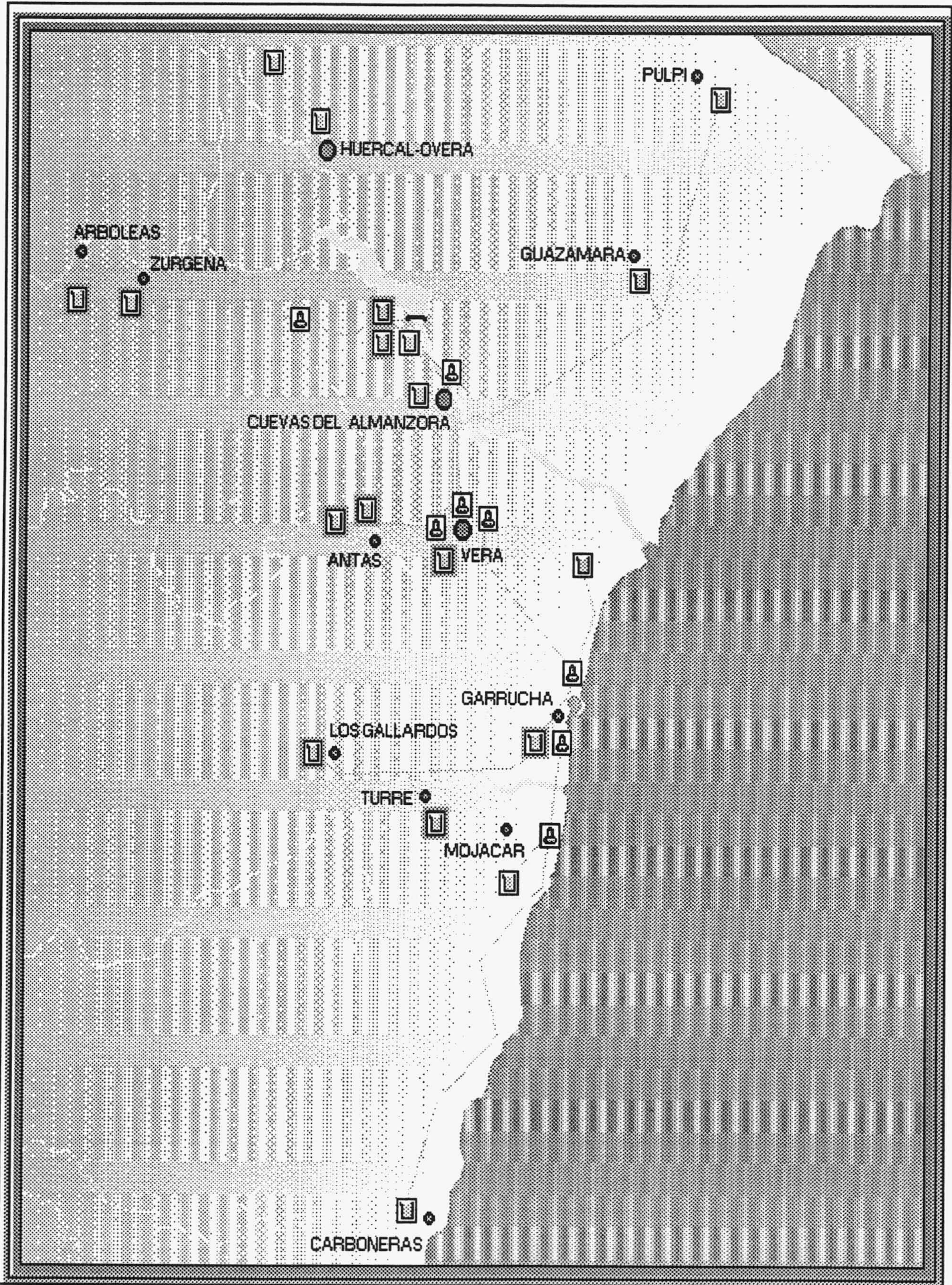


Figura 8.13: Distribución geográfica de la red de abastecimiento del Bajo Almanzora, Almería.

ininterrumpida, una torreta y una antena. Para la medida de nivel analógico de los depósitos se utilizan medidores de nivel por presión diferencial de salida 4-20 mA.

Se instalaron dos repetidores (Figura 8.14). El primero de ellos es analógico, está ubicado en el *Cerro de El Cucharón* y le da cobertura a la totalidad de las estaciones remotas salvo al depósito de *Carboneras*, cubierto por otro repetidor digital ubicado en el *Cerro de la Mezquita*, consistente en dos radiomodems interconectados entre sí a través de sus puertos de comunicación. Para reducir los tiempos de conmutación, el repetidor analógico de El Cucharón se mantiene en transmisión continua. El uso de otro repetidor analógico en *La Mezquita* para enlazar el depósito de *Carboneras* exigiría otras dos frecuencias de radioenlace distintas a las de transmisión y recepción del repetidor de *El Cucharón*. El repetidor digital en *La Mezquita* permite un enlace semiduplex con el depósito de *Carboneras*, para lo que basta una sola frecuencia que no interfiera con el repetidor de *El Cucharón*.

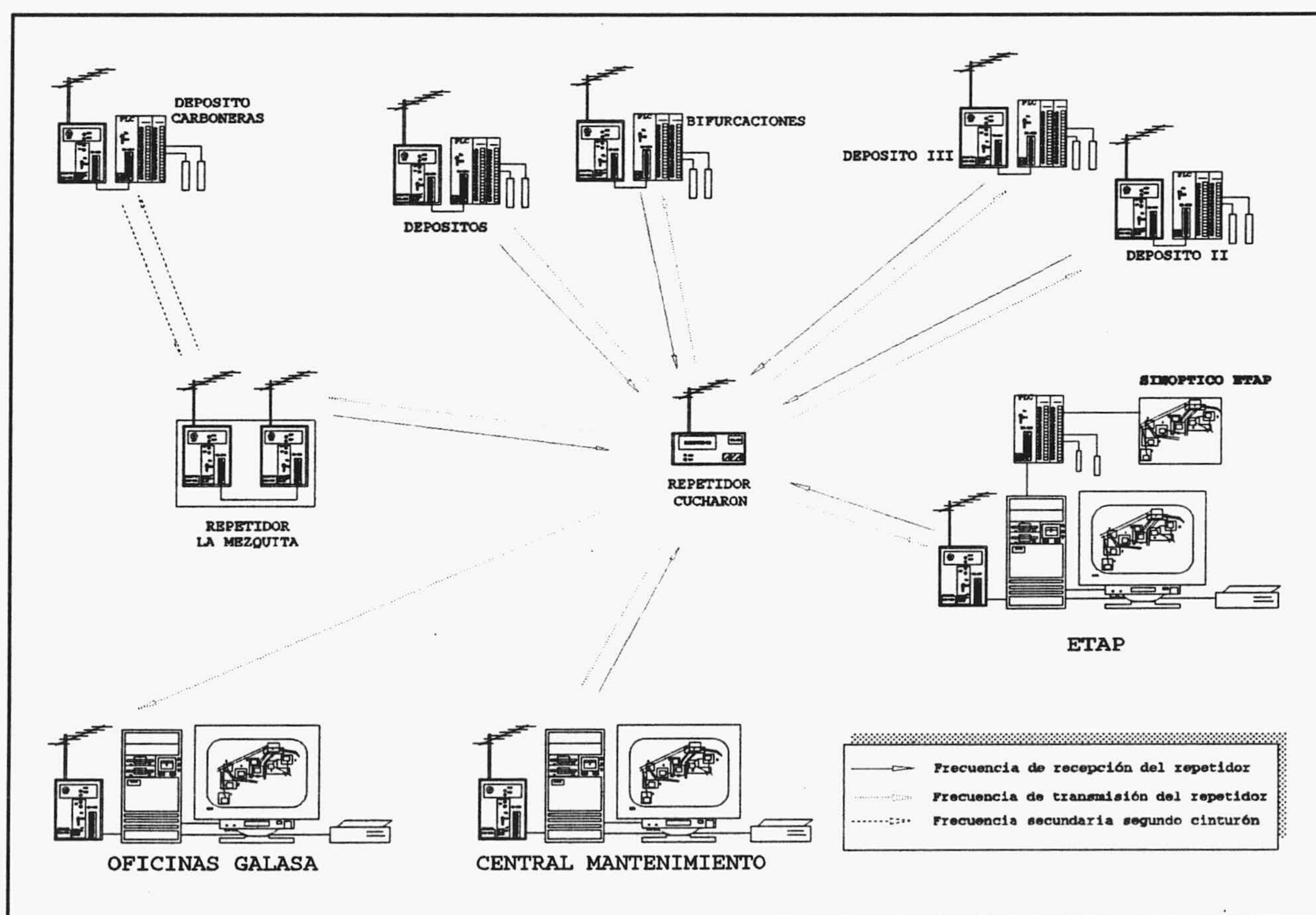


Figura 8.14: Telecontrol de la Red de Abastecimiento del Bajo Almanzora (Almería).

CAPITULO IX.- Conclusiones y principales aportaciones

En esta memoria se han presentado los aspectos más destacados de la concepción, diseño y realización de una red para telemetría y telecontrol digital via radio.

Esta red es utilizable en cualquier proceso de medida y control en tiempo real sobre elementos geográficamente dispersos, tales como mediciones meteorológicas, ambientales, hidrogeológicas, o controles en sistemas de riego comunales, en sistemas de alarma centralizados, o en plantas de tratamiento y redes de distribución de aguas.

La concepción del sistema ha implicado las siguientes realizaciones originales, que constituyen las principales aportaciones del trabajo:

Determinación de especificaciones del sistema proyectadas en base a unas necesidades de control planteadas por una industria en un supuesto real y para unas condiciones de campo concretas. No obstante, el planteamiento se efectuó de

forma que el sistema fuese completamente flexible y generalizable a multitud de procesos de telemedida y telecontrol (Capítulo I).

Definición de una arquitectura de red (arquitectura **SPIRAL**), que permite el telecontrol vía radio de diferentes estaciones remotas desde una estación central, desarrollándose protocolos a distintos niveles de comunicación (Capítulo II).

Desarrollo de un sistema microcomputador para ser utilizado como un controlador de área en las estaciones remotas de la red **SPIRAL**. Para ello dispone de entradas y salidas tanto digitales como analógicas, e interfaces de comunicación serie que permiten configurar una red local de control (bus de campo) y su interconexión con otros sistemas de control comerciales (Capítulo III).

Concepción y diseño de un equipo de comunicaciones vía radio (*radiomodem*) que puede actuar como nodo terminal o conmutador de la red **SPIRAL**, permitiendo establecer diversas topologías de red para enlazar la estación central con las estaciones remotas sobre las que se desea realizar las acciones de supervisión (Capítulo IV). Buena muestra de la acogida que ha recibido este sistema es la propuesta por parte de *Siemens* de su inclusión en catálogo como producto recomendado para su uso en combinación con los equipos de la serie *Simatic*.

Diseño de los algoritmos de conmutación de datos para los nodos de red del sistema **SPIRAL**, y de los algoritmos de control de enlace lógico (LLC) y control de acceso al medio (MAC) para los interfaces de comunicación con el usuario y el radioenlace. Programación de dichos algoritmos en lenguaje ensamblador para la tarjeta de control y el radiomodem (Capítulos V y VI).

Diseño de algoritmos de control de supervisión y adquisición de datos para proporcionar al operador la posibilidad de interaccionar con el proceso desde la estación central. Implementación de los algoritmos en un programa SCADA que consta de un *módulo de ejecución en tiempo real*, un *editor de aplicaciones* y un *módulo de comunicaciones* (Capítulo VII). El *módulo de ejecución* permite la

representación dinámica de la información leída de las estaciones remotas sobre esquemas sinópticos de planta e instrumentos de panel, a través de distintos tipos de animaciones, y la ejecución de acciones sobre las estaciones remotas por medio de menús de ordenes. Además dispone de generación de alarmas y almacenamiento de variables y eventos para su análisis posterior. Con el *editor de aplicaciones* se puede adaptar el módulo de ejecución a la aplicación, estableciendo las variables implicadas en la supervisión, los objetos de animación, los menús de órdenes, las alarmas y los históricos. El *módulo de comunicaciones* proporciona los servicios de conexión a través de la red de radiomodems **SPIRAL**. Se ha realizado una versión de los módulos en lenguaje *C* para el sistema operativo *MS-DOS*, y una segunda versión del módulo de comunicaciones bajo entorno *Windows* que permite comunicarse con diversos programas *SCADA* comerciales a través de un interfaz *DDE*.

Instalación de la red a varios casos particulares y con un interés industrial concreto, con resultados plenamente satisfactorios (Capítulo VIII). Los sistemas instalados han permitido disminuir los costes de explotación y una clara mejora del servicio de explotación de redes de distribución de aguas en base a que:

La información es ahora más completa y fiable y está centralizada, con lo que se pueden hacer nuevos estudios acerca del comportamiento dinámico de la red y optimizar el proceso de producción para disminuir el consumo de energía.

Ha aumentado el margen de seguridad en las instalaciones. Se detectan un mayor número de averías y además con mayor rapidez, con lo que se evitan pérdidas innecesarias o faltas de suministro.

Las actuaciones y órdenes de control se realizan desde la central, lo que evita desplazamientos y retrasos, permitiendo una disminución considerable de los gastos de personal.

- . Se hace un registro exhaustivo de todos los eventos que suceden, posibilitando un mayor control y transparencia en la gestión.
- . Se hace así mismo un mantenimiento preventivo de los equipos existentes, llevando un control de horas de funcionamiento, repuestos en almacén y ficha técnica con imagen fotográfica en pantalla.

Entre las contribuciones más relevantes está la *flexibilidad del diseño*, que ha quedado claramente puesta de manifiesto en el Capítulo VIII, en una doble vertiente. La primera se refiere a la facilidad de particularización de la red a instalaciones concretas, y la segunda a la arquitectura, en el sentido de que la red puede asumir futuras ampliaciones y modificaciones de los elementos que intervienen en los sistemas de gestión, planificación y control de los procesos de fabricación.

A raíz de los resultados obtenidos con la primera instalación de la red SPIRAL, realizada para la ETAP de El Fargue, la *Oficina para la Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI)* de la *Universidad de Granada* propuso la creación de una sociedad mixta, con capital público y privado, para la comercialización del sistema SPIRAL. Con este propósito se constituye en Granada *Ingeniería y Control Remoto Sociedad Anónima (ICR)*, en la que participa la *Universidad de Granada*. ICR cuenta en la actualidad con un equipo de más de 20 titulados superiores y ha ejecutado ya decenas de proyectos basados en la red SPIRAL en todo el territorio nacional, con un volumen de facturación superior a los 600 millones de pesetas desde la constitución de la sociedad.

El éxito logrado en la comercialización del sistema ha sentado las bases, recogidas en convenio marco entre ICR y la *Universidad de Granada*, para el desarrollo de nuevos proyectos en el área de las comunicaciones y control industriales bajo el punto de vista de la integración de procesos.

Apéndice A.- Esquemas de diseño de la tarjeta SPI16

A continuación (Figura A.1 hasta Figura A.15) se muestra el esquema completo de diseño de la tarjeta **SPI16**, descrita en el Capítulo III. La Figura A.16 corresponde a la distribución de componentes a escala reducida. La Figura A.17 y la Figura A.18 reproducen los trazados de pistas correspondientes a las caras de componentes y soldaduras respectivamente, y en la Figura A.19 se muestra una fotografía de la tarjeta ya montada.

Por último se relaciona el material utilizado para la realización de la tarjeta **SPI16**. No se incluyen en esta lista los zócalos, disipadores, material de mecanización, etc, que no son referenciados en el diseño electrónico.

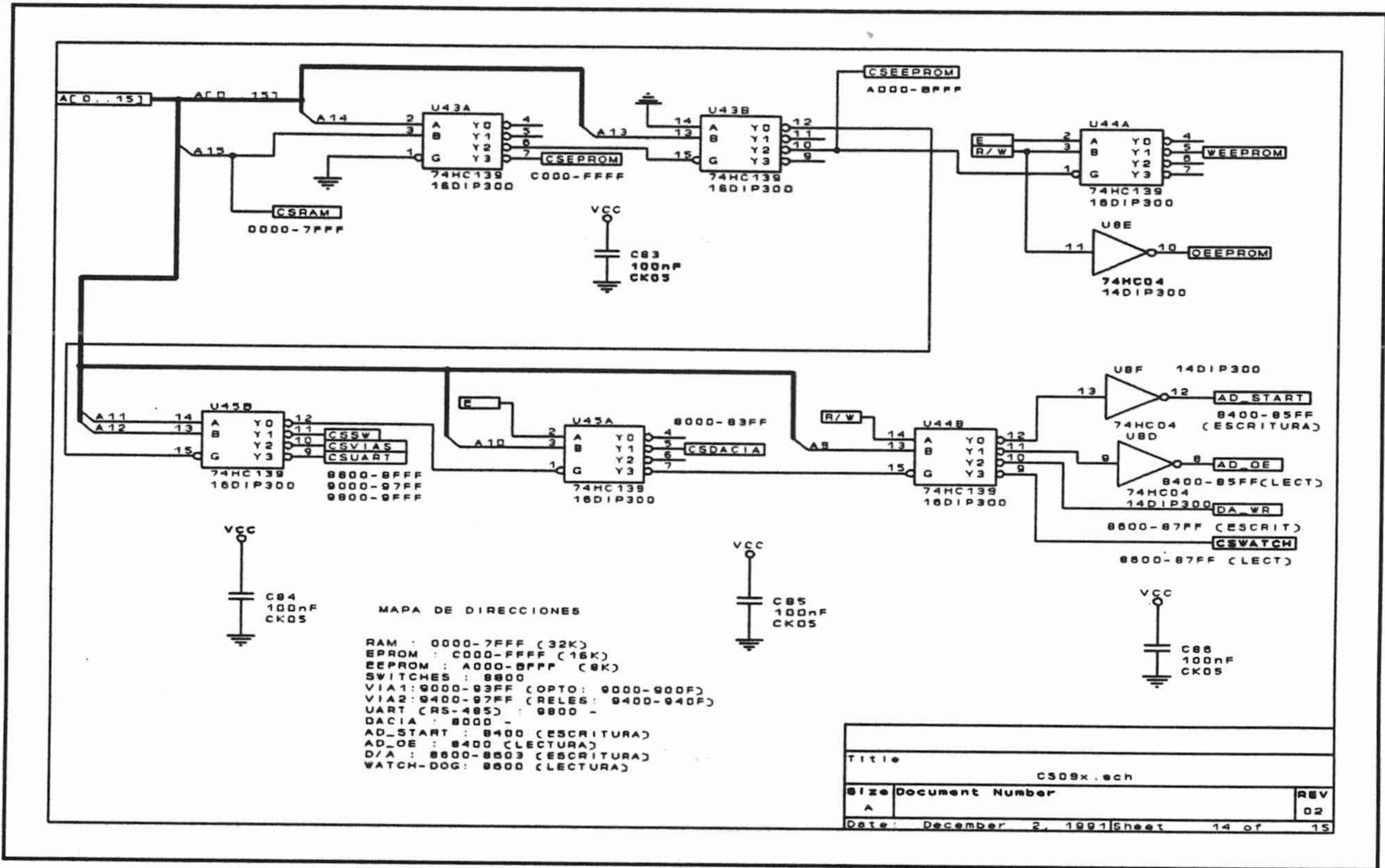


Figura A.1: Esquema de la decodificación de direcciones para selección de dispositivos.

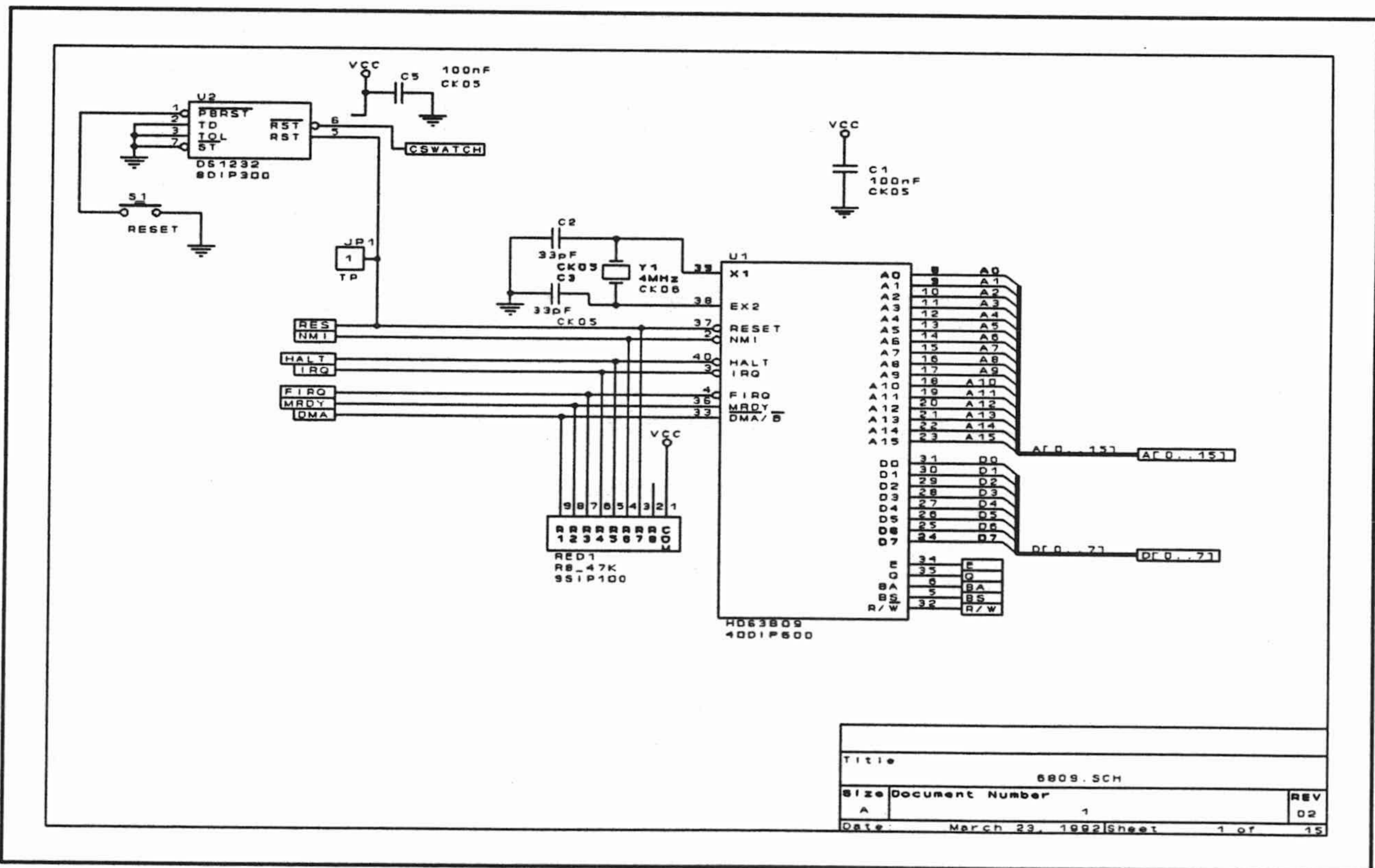


Figura A.2: Procesador y circuito de supervisión e inicialización.

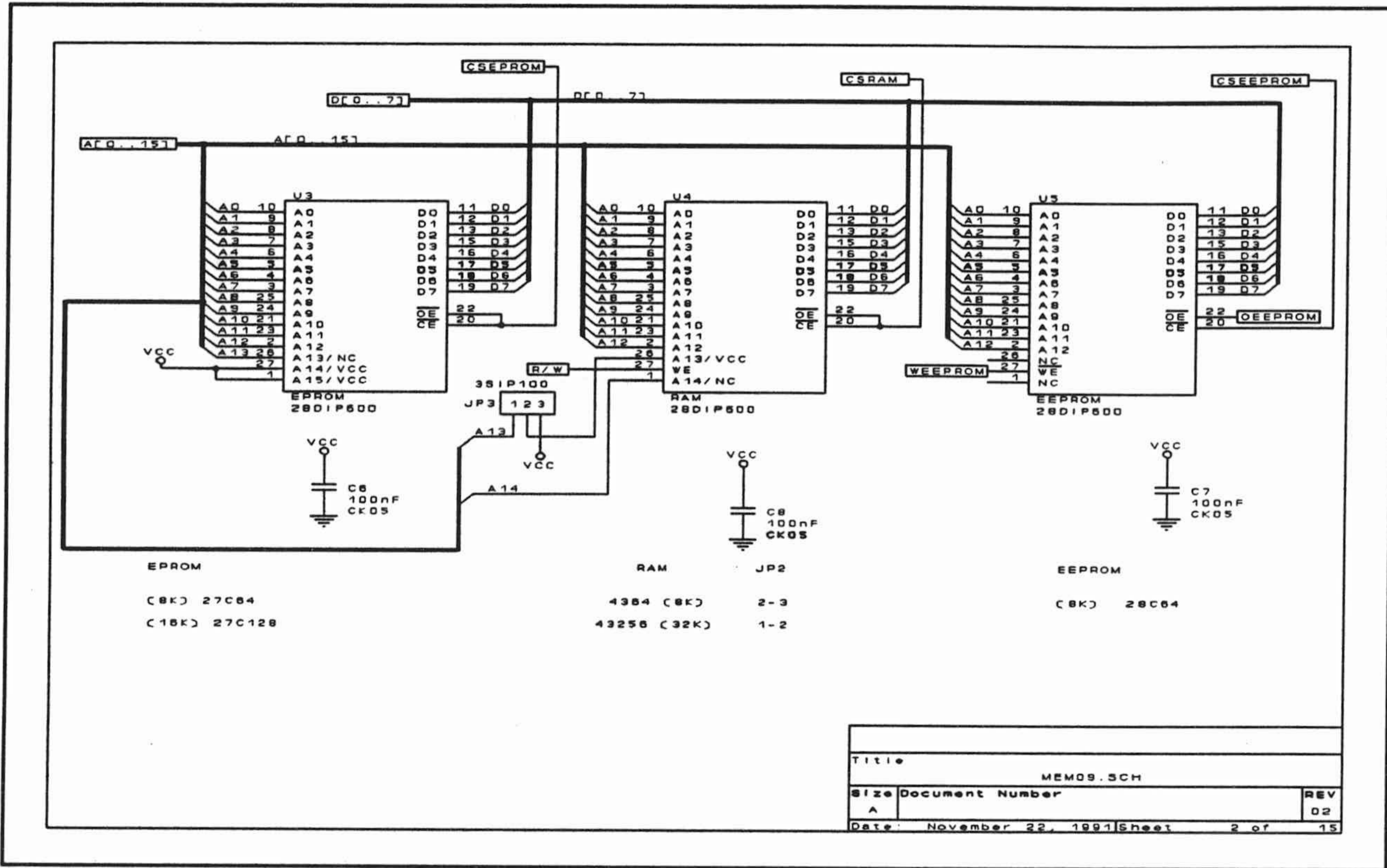


Figura A.3: Sistema de memoria.

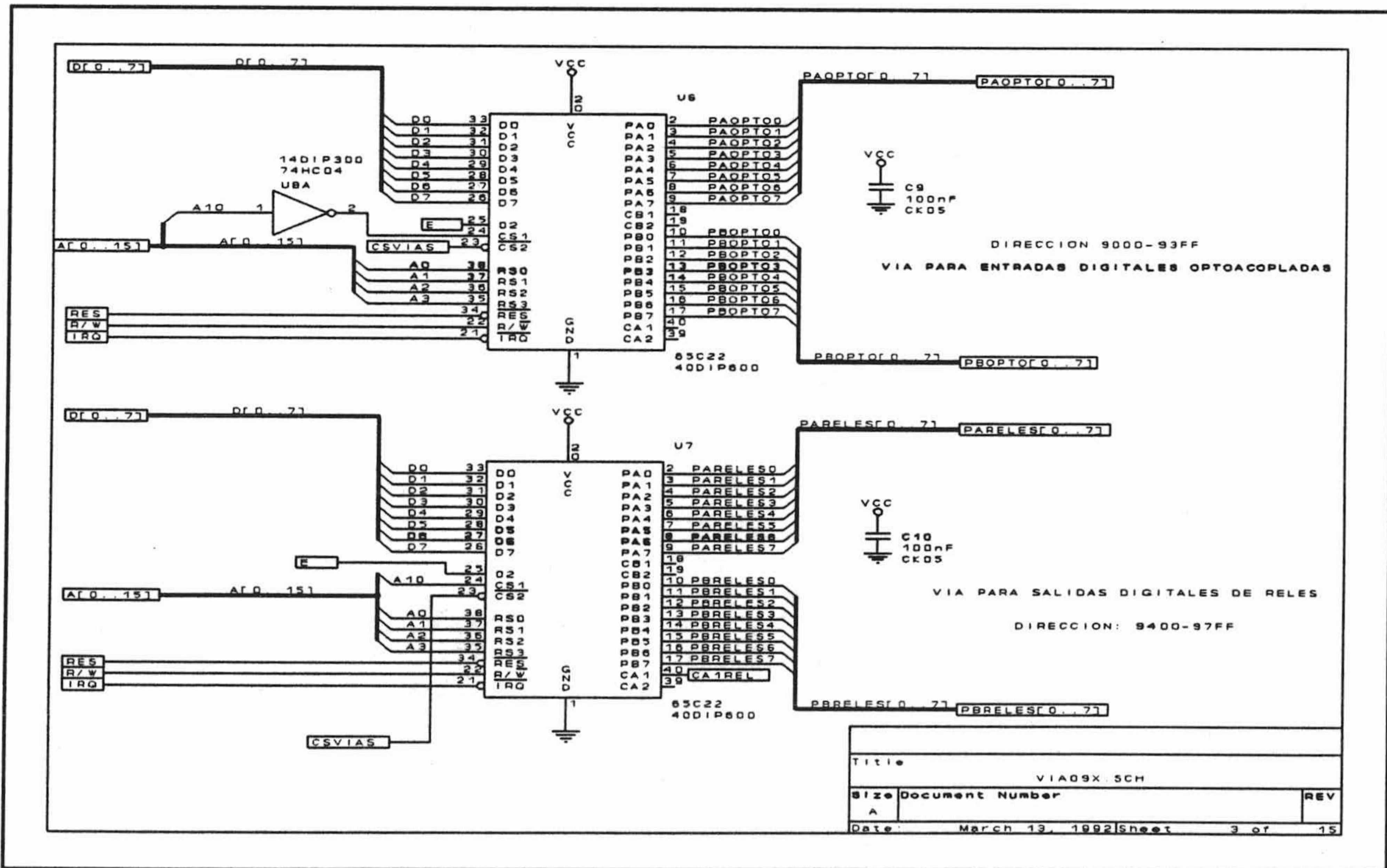


Figura A.4: Interfaces para entradas y salidas digitales.

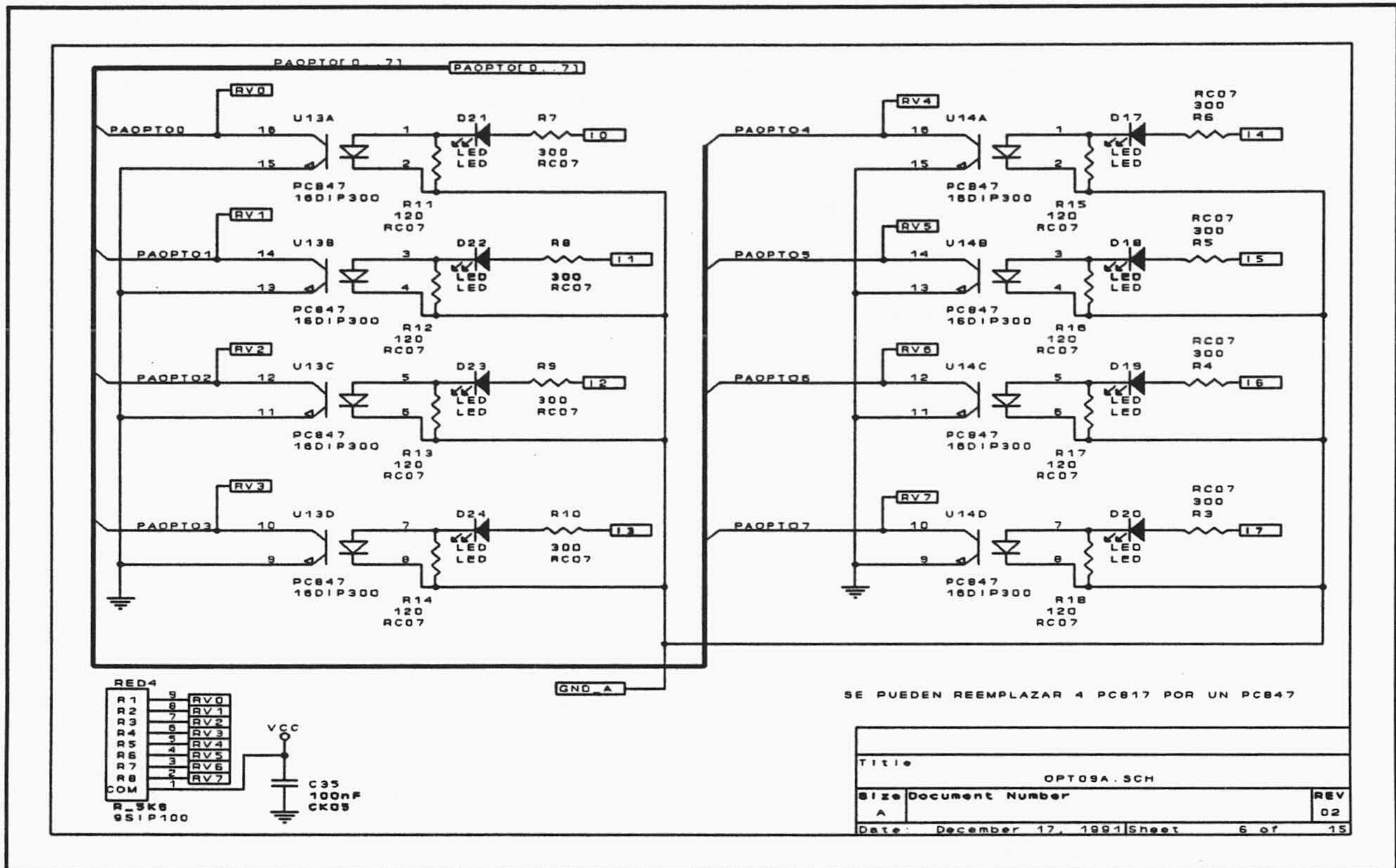


Figura A.5: Optoacopladores de entradas digitales 0 a 7.

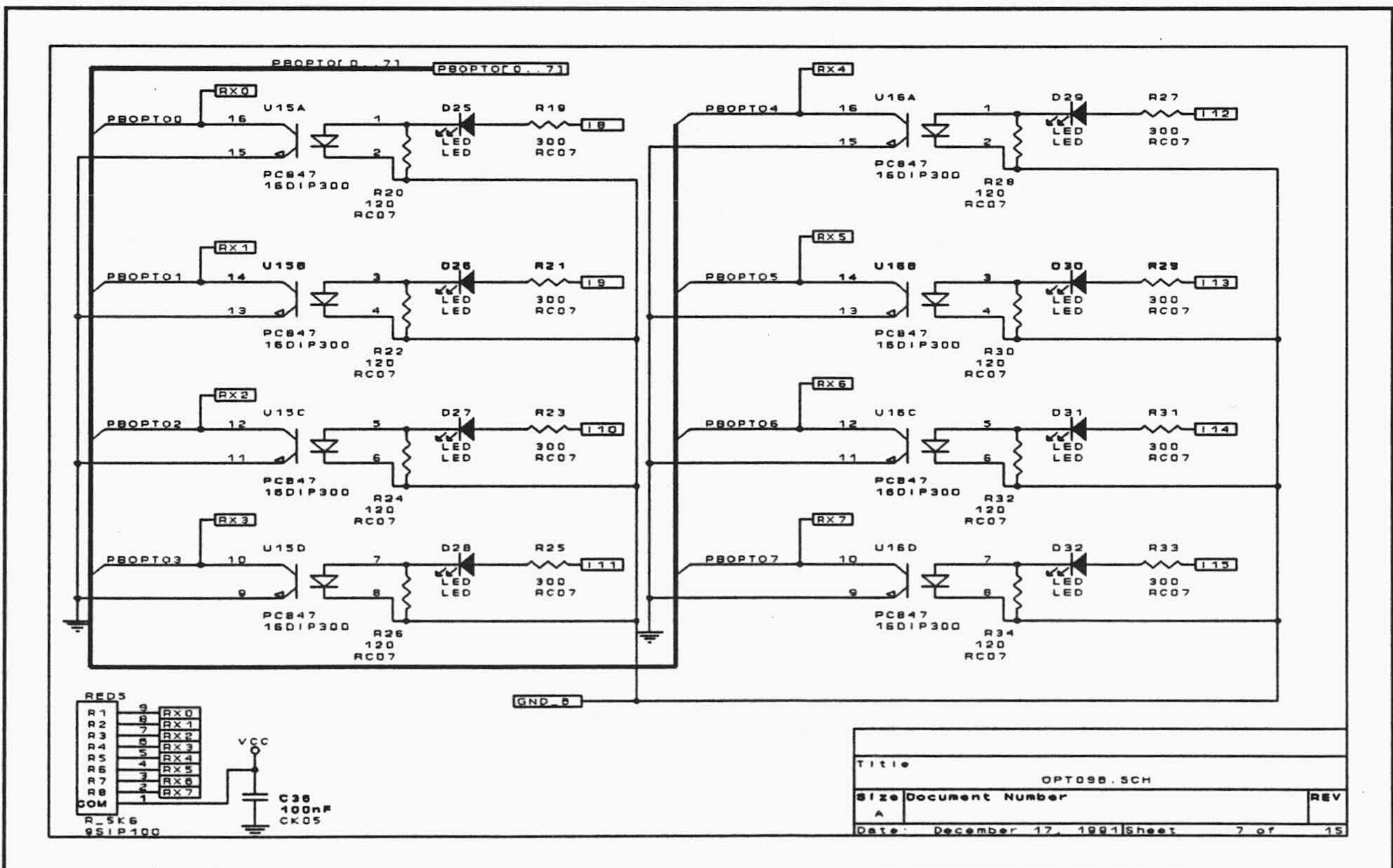


Figura A.6: Optoacopladores de entradas digitales 8 a 15.

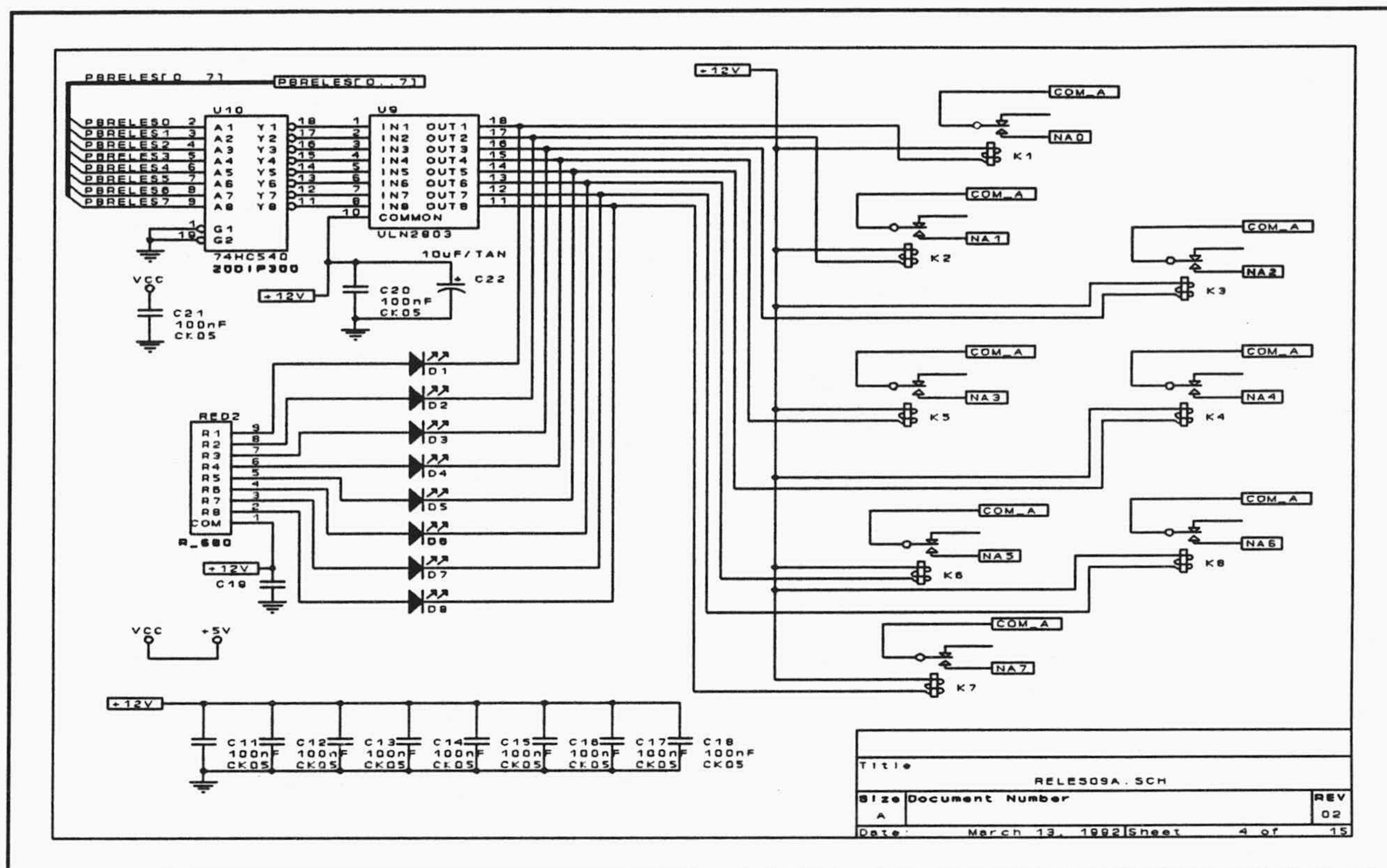


Figura A.7: Relés 1 a 8 y circuitos excitadores.

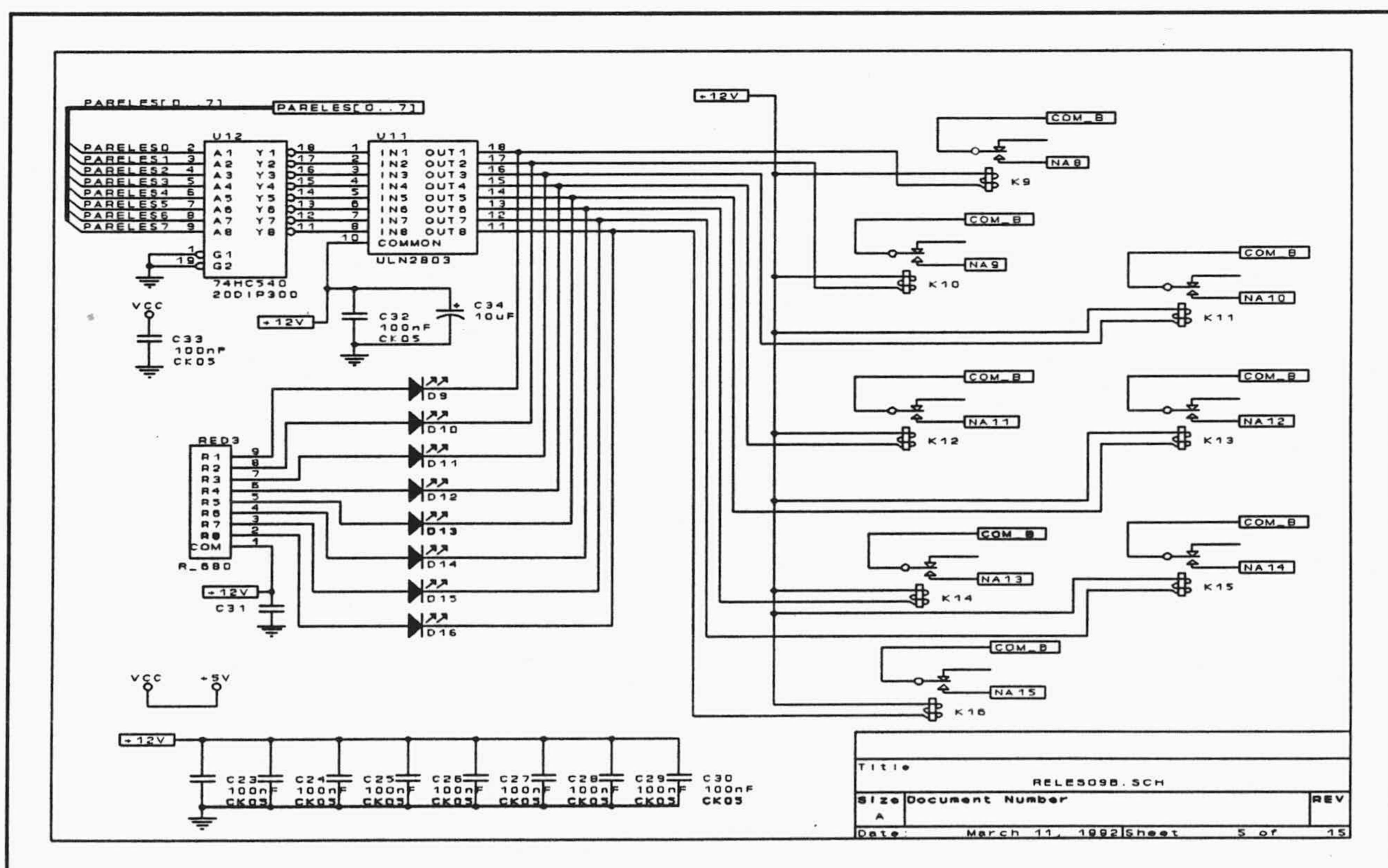


Figura A.8: Relés 9 a 16 y circuitos excitadores.

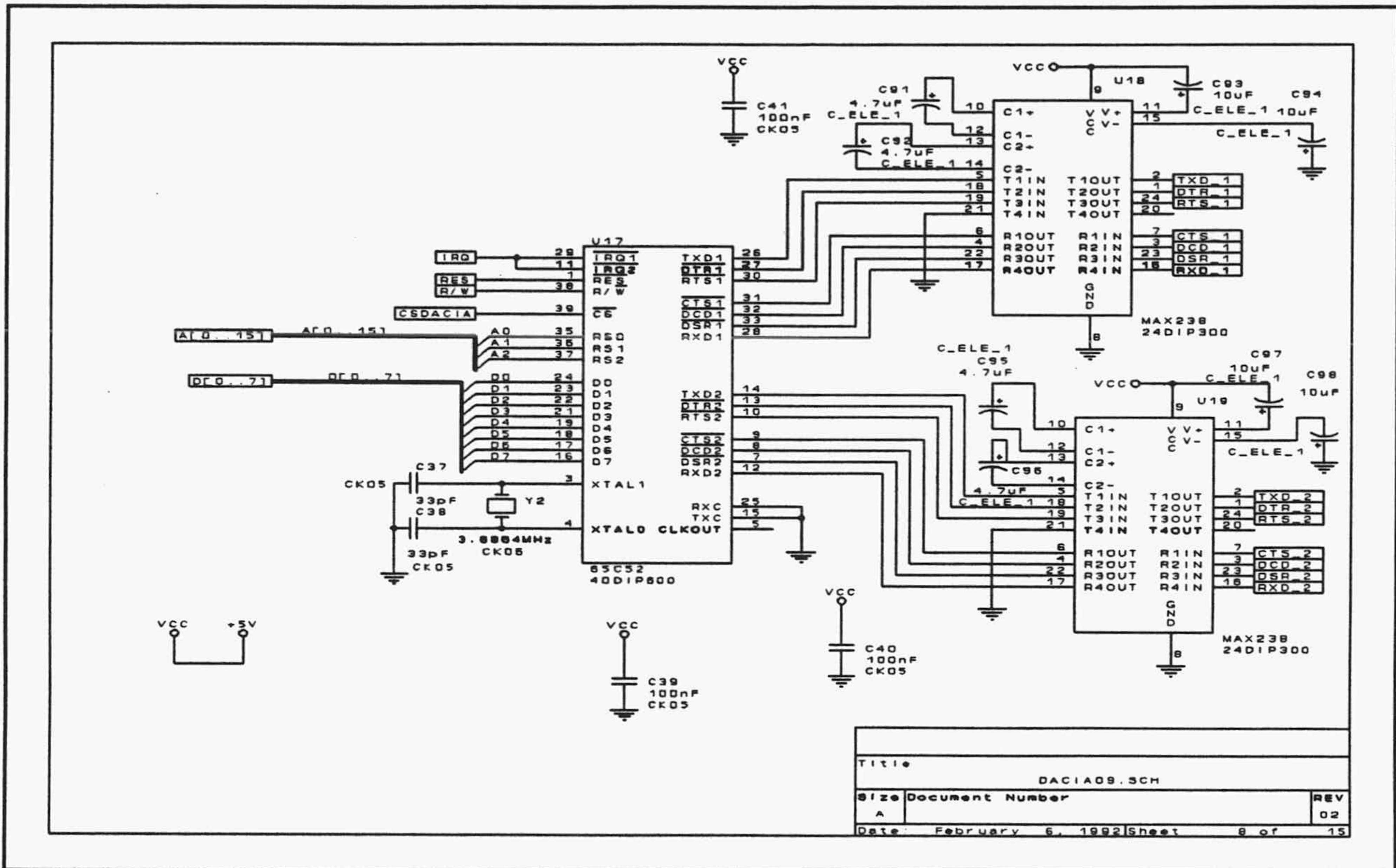


Figura A.9: Interfaces serie RS-232.

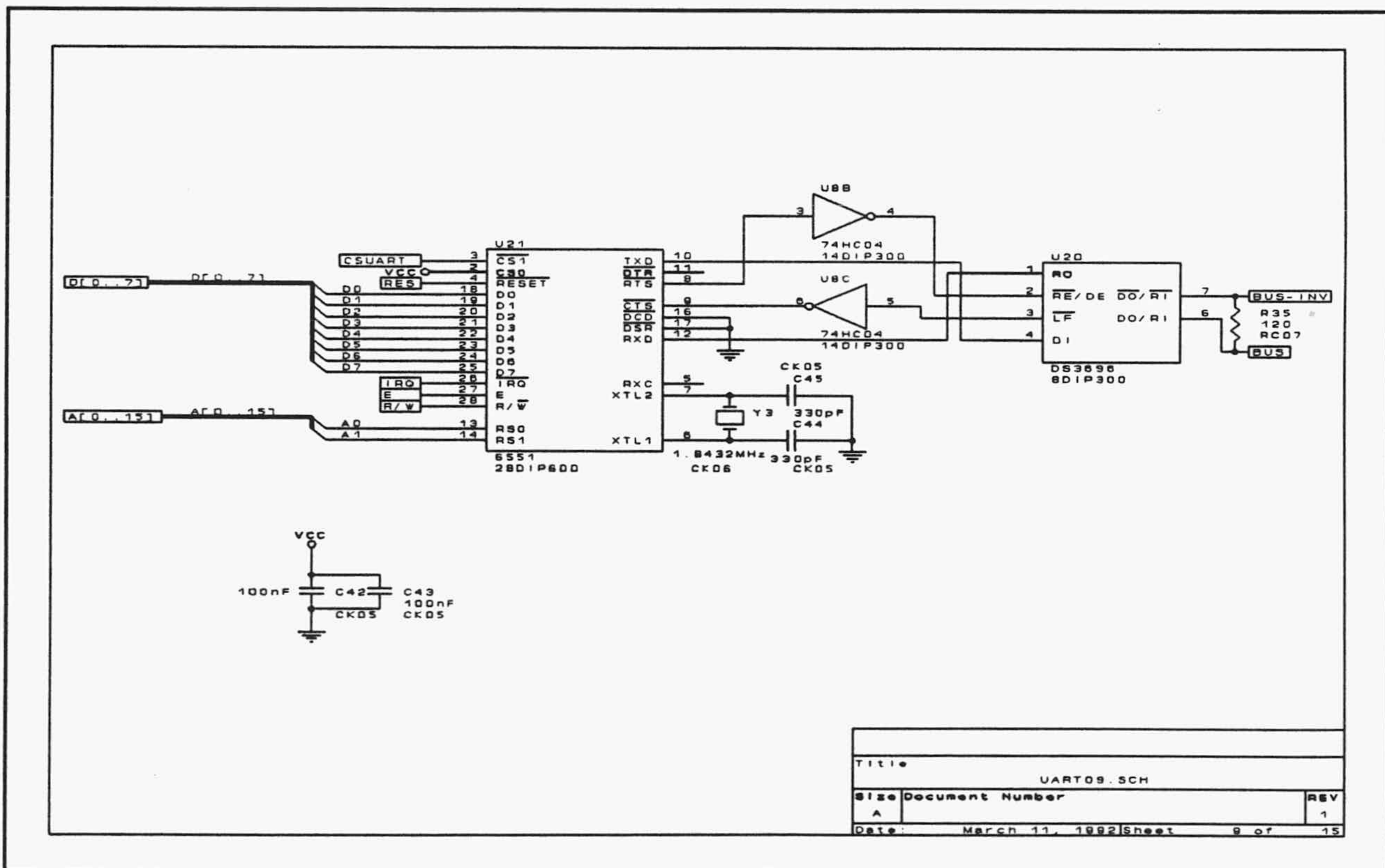


Figura A.10: Interfaz serie RS-485.

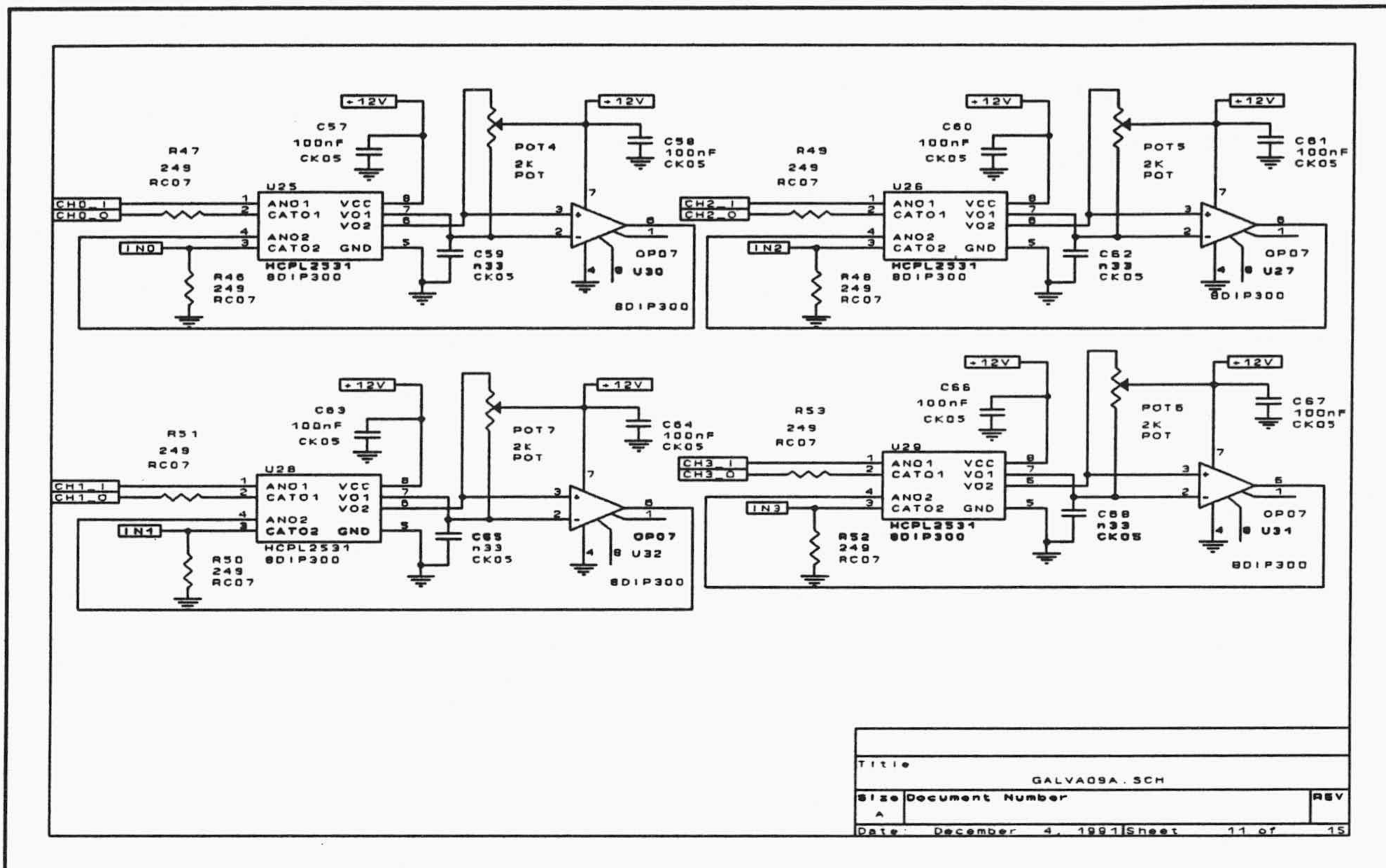


Figura A.11: Entradas analógicas 0 a 3.

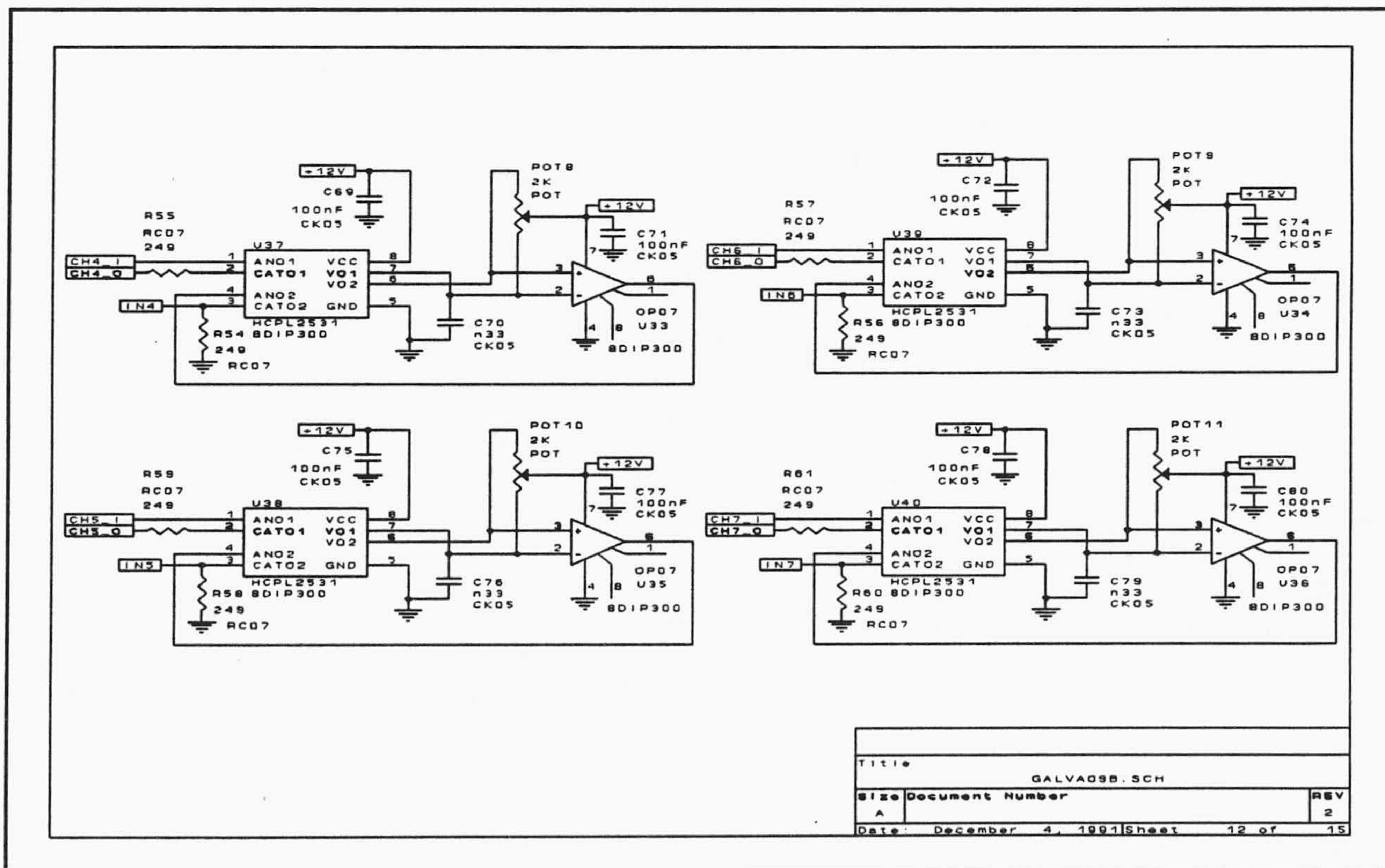


Figura A.12: Entradas analógicas 4 a 7.

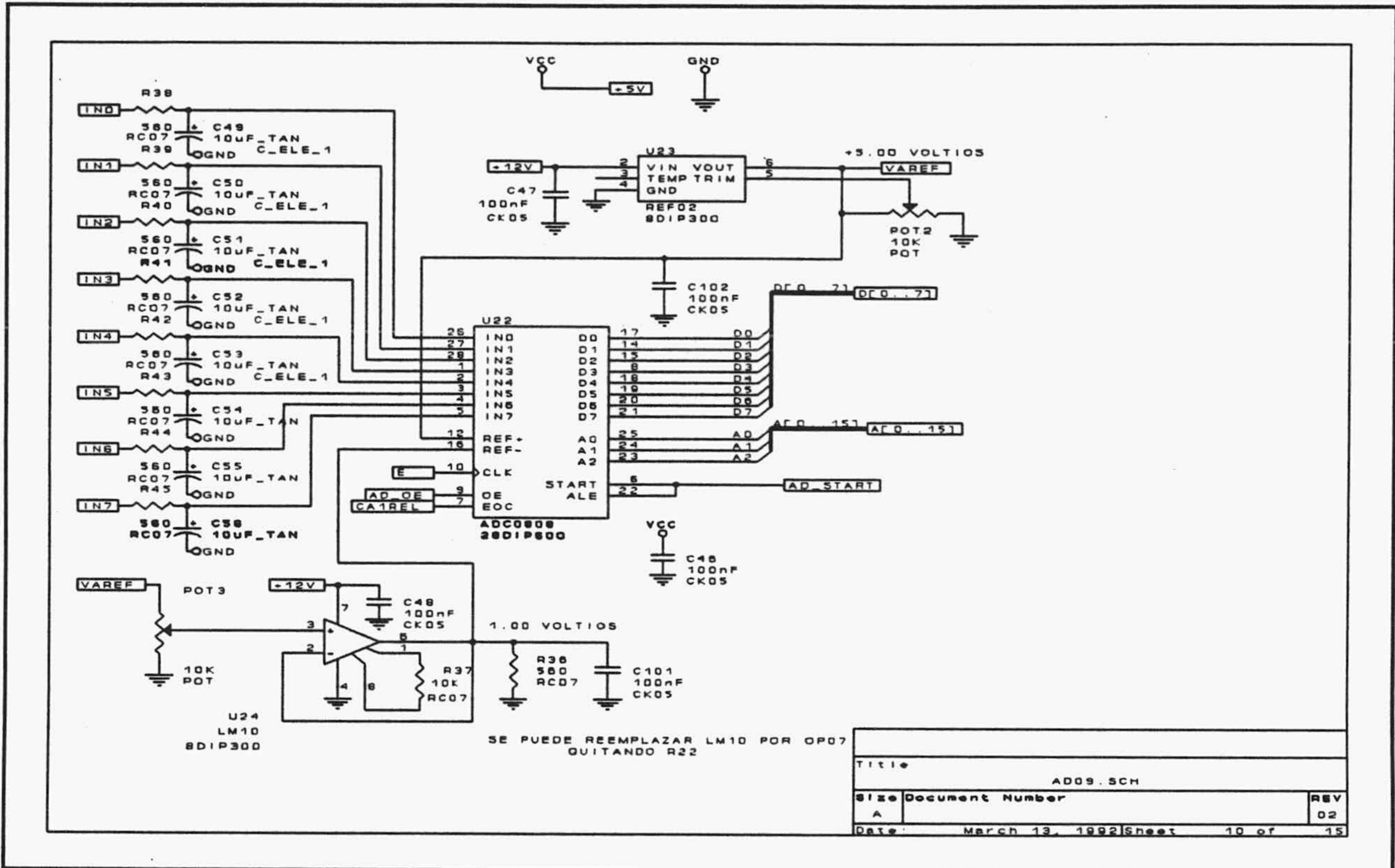


Figura A.13: Esquema de la conversión A/D.

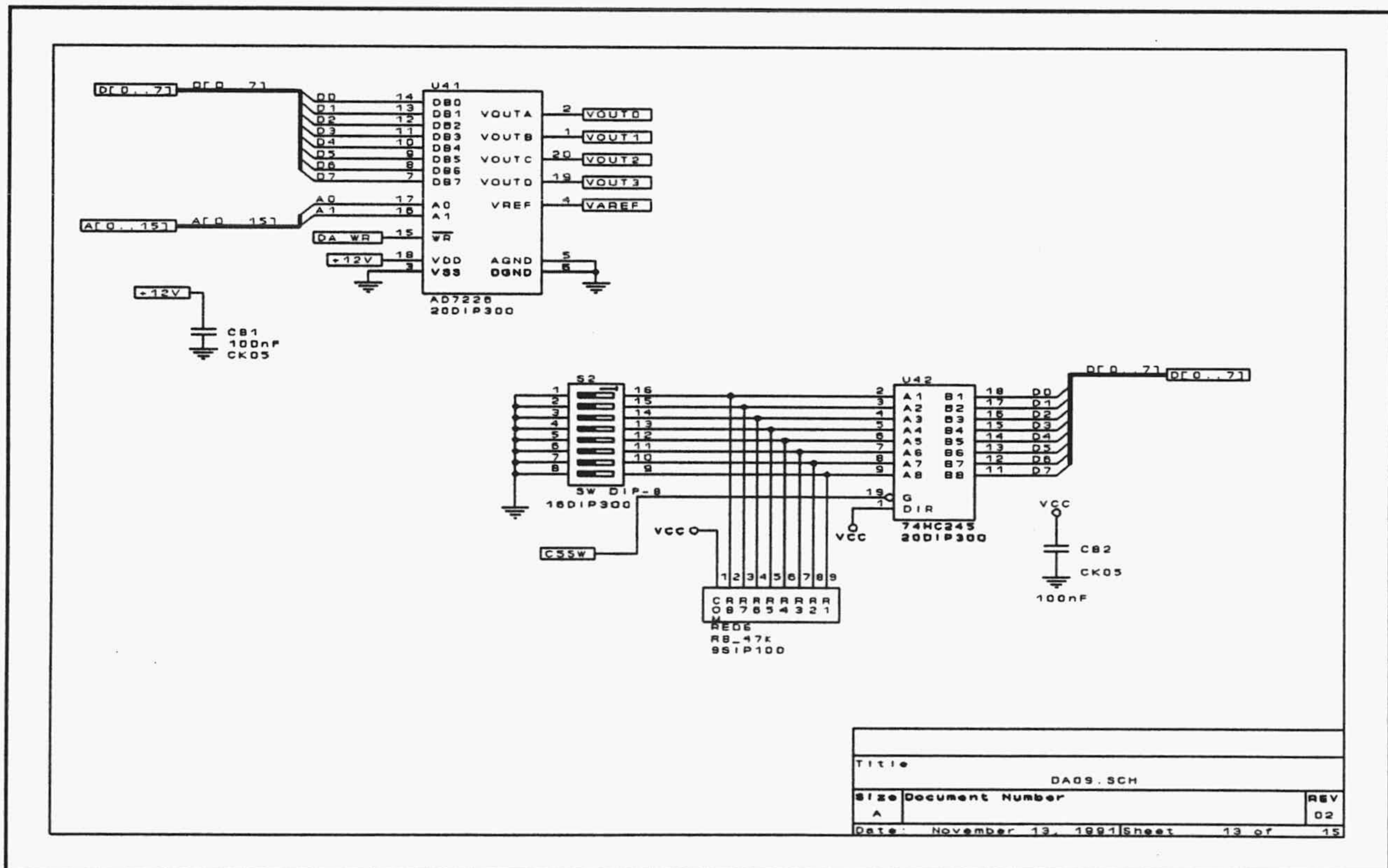


Figura A.14: Esquema de la conversión D/A y microinterruptores.

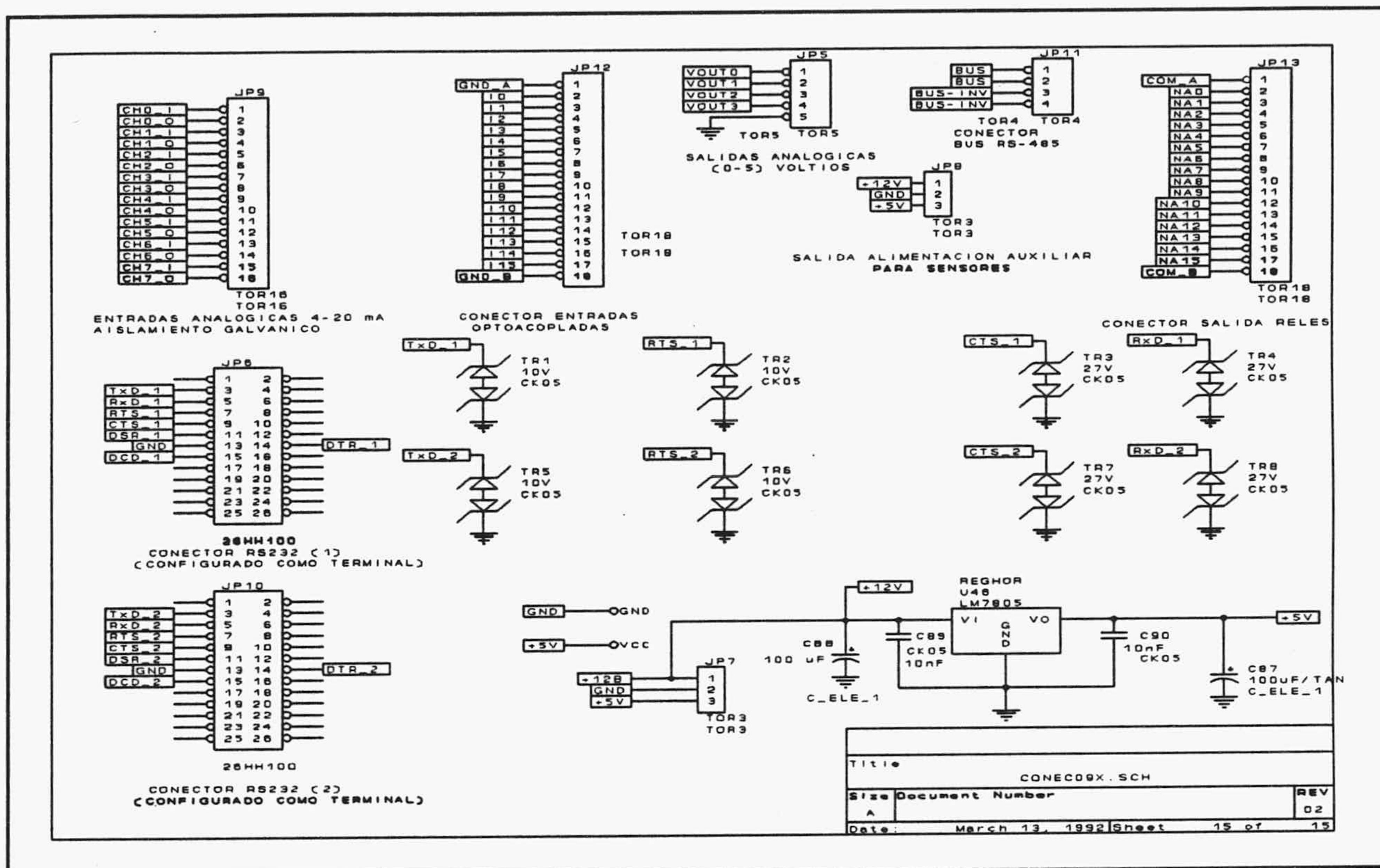


Figura A.15: Conectores, Fuente de 5v, y protección de RS-232.

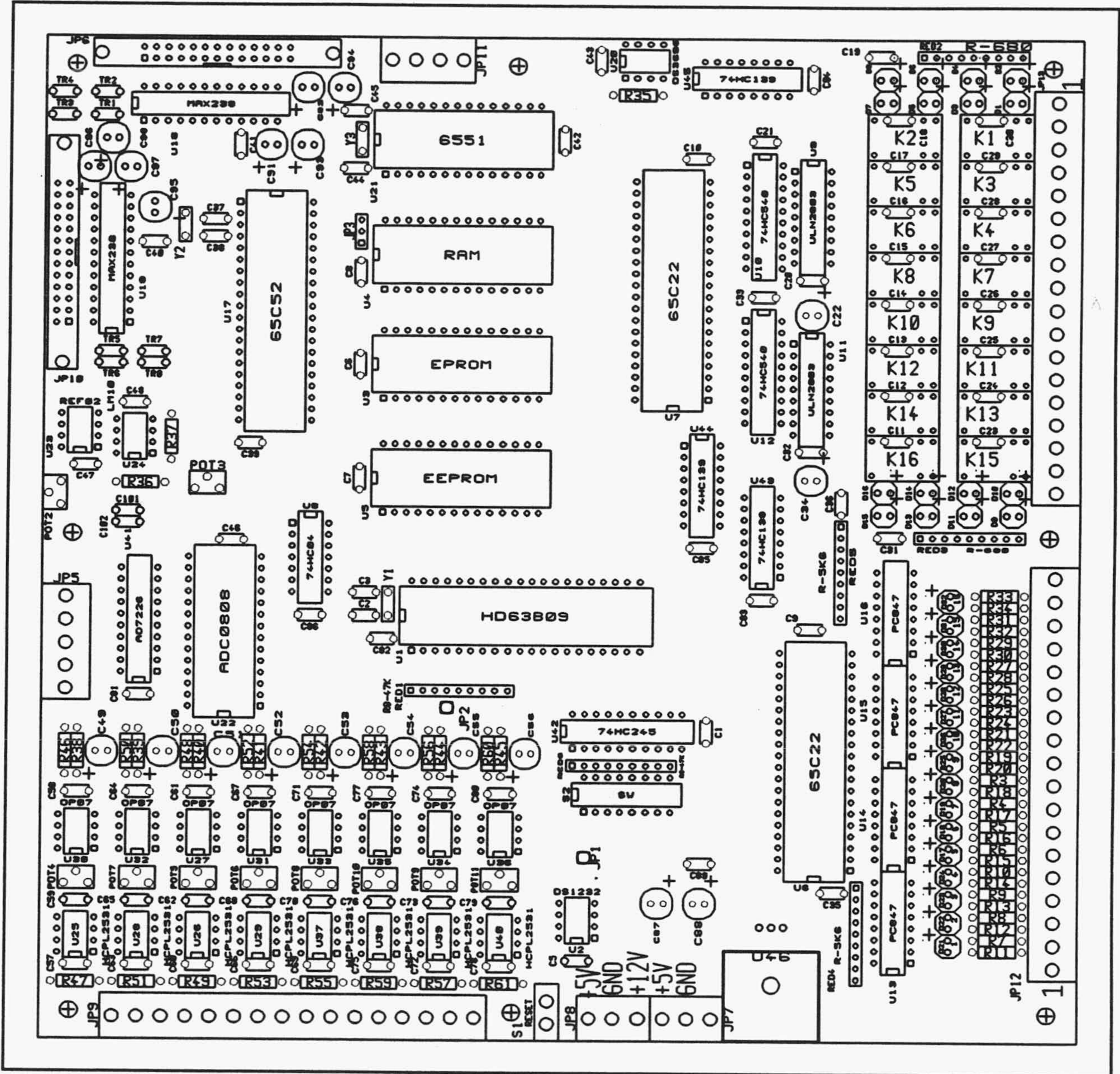


Figura A.16: Distribución de componentes.

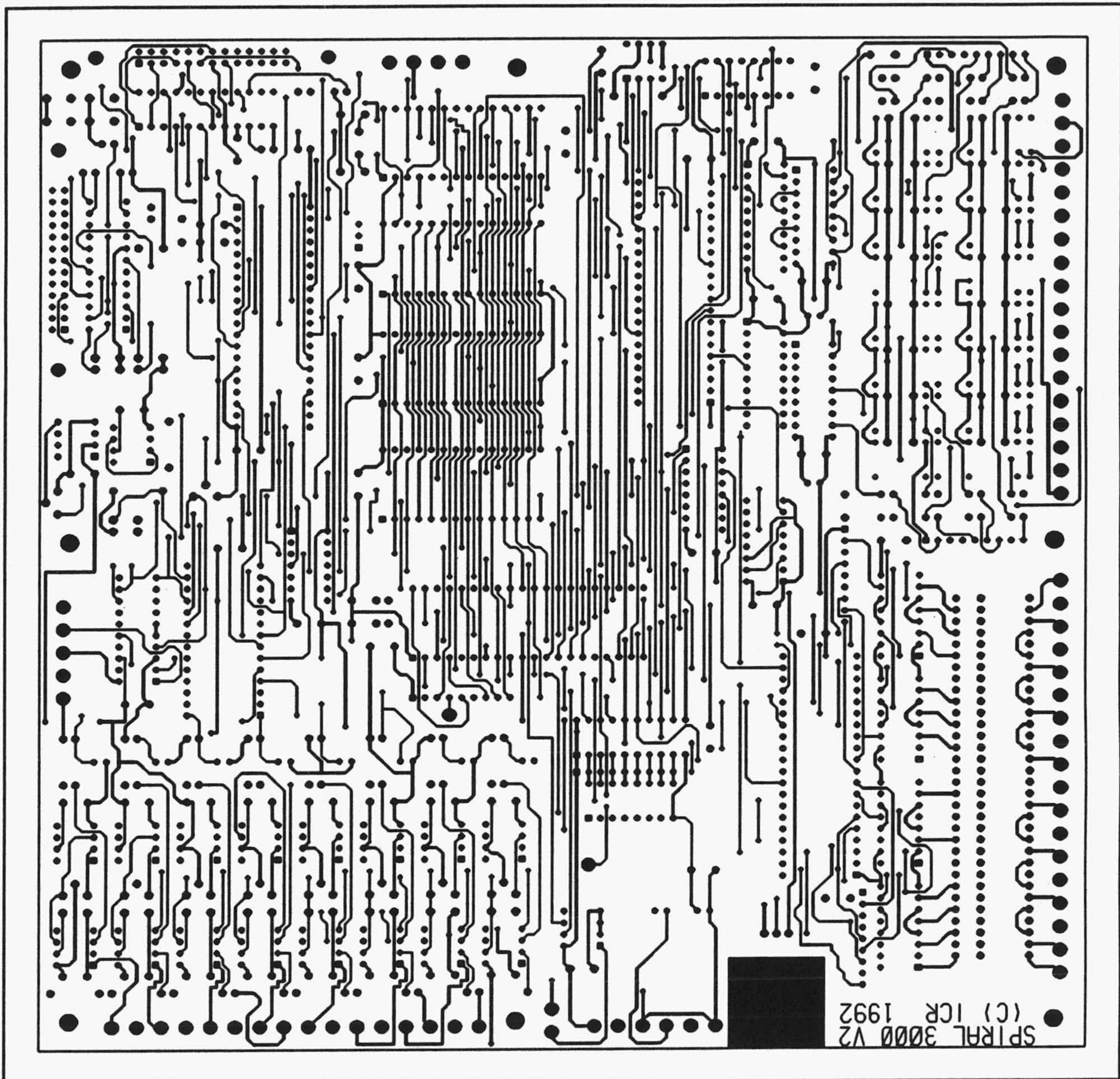


Figura A.17: Trazado de pistas de la cara de componentes.

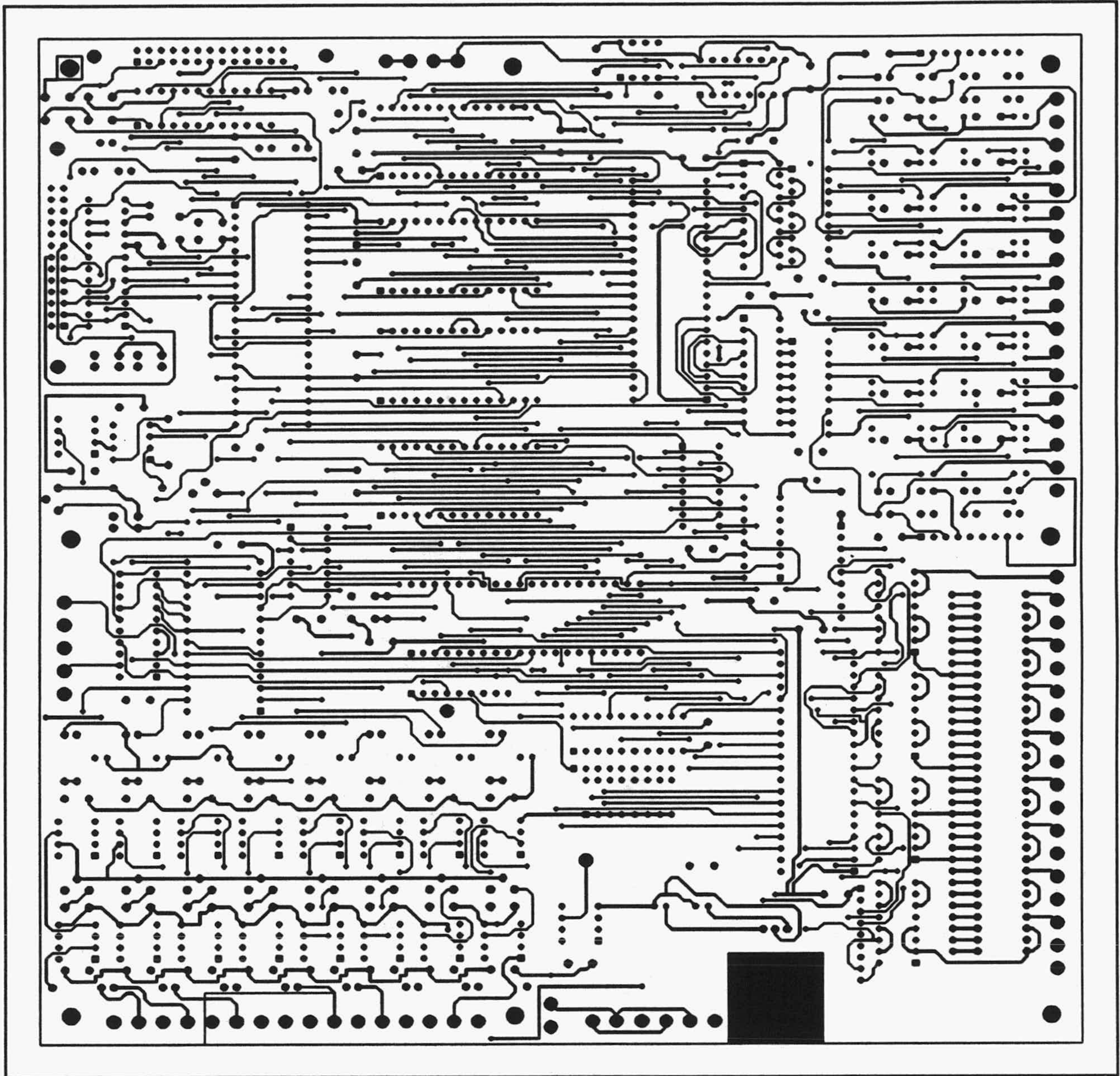


Figura A.18: Trazado de pistas de la cara de soldaduras.

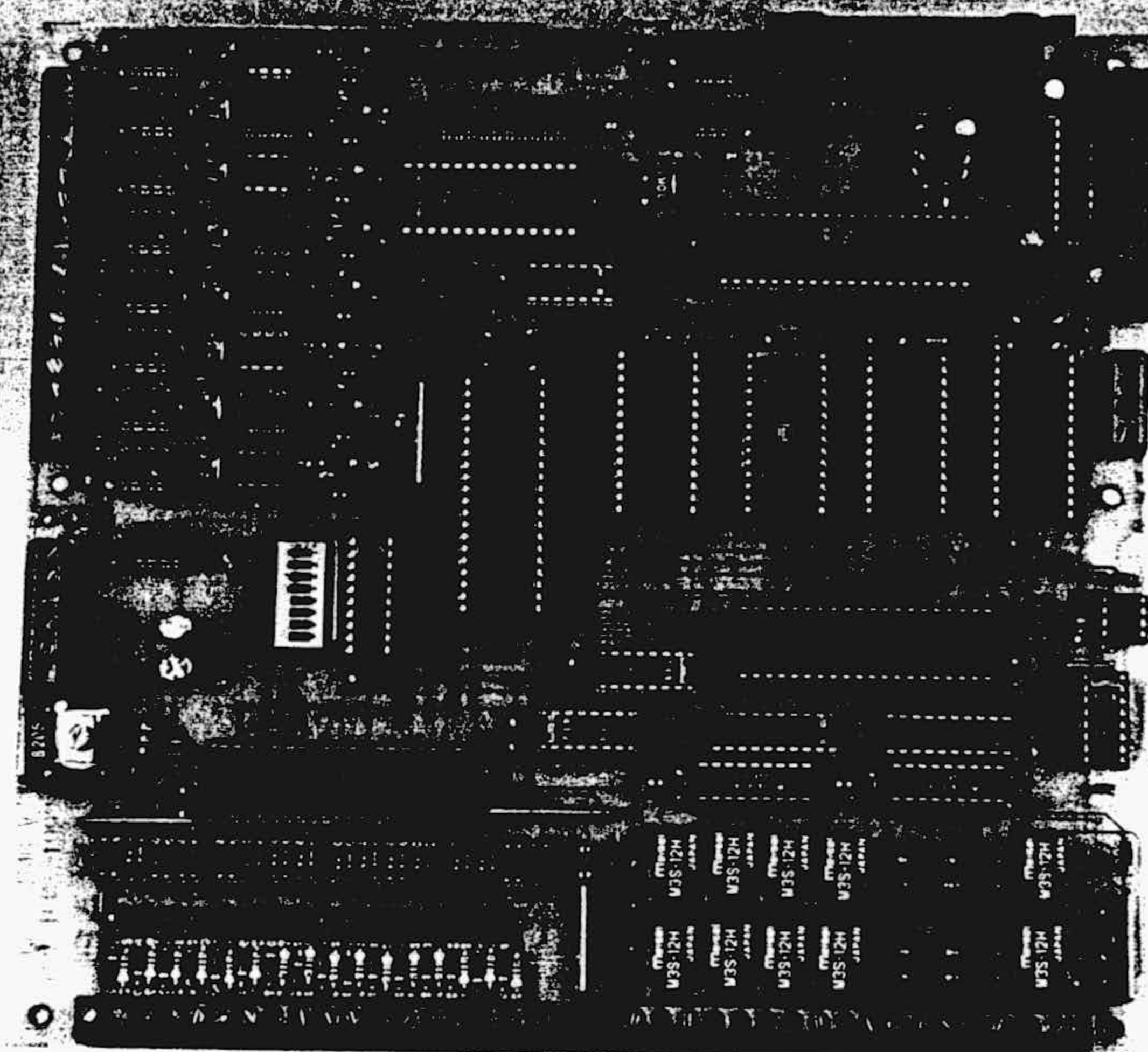


Figura A.19: Fotografía de la tarjeta SPI16.

Lista 1: Relación de componentes para SPI16 (Pg.1).

PLC SPIRAL SPI16.SCH Lista de Materiales			Revisado: 23 de Marzo de 1992 Revisión: V2 Página 1
Item	NU	Referencia	Componente
1	63	C1,C5,C6,C7,C8,C9,C10, C11,C12,C13,C14,C15,C16, C17,C18,C19,C20,C21,C23, C24,C25,C26,C27,C28,C29, C30,C31,C32,C33,C35,C36, C39,C40,C41,C42,C43,C46, C47,C48,C57,C58,C60,C61, C63,C64,C66,C67,C69,C71, C72,C74,C75,C77,C78,C80, C81,C82,C83,C84,C85,C86, C101,C102	100nF
2	4	C2,C3,C37,C38	33pF
3	1	C22	10uF/TAN
4	5	C34,C93,C94,C97,C98	10uF
5	2	C44,C45	330pF
6	8	C49,C50,C51,C52,C53,C54, C55,C56	10uF_TAN
7	8	C59,C62,C65,C68,C70,C73, C76,C79	n33
8	1	C87	100uF/TAN
9	1	C88	100 uF
10	2	C89,C90	10nF
11	4	C91,C92,C95,C96	4.7uF
12	32	D1,D2,D3,D4,D5,D6,D7,D8, D9,D10,D11,D12,D13,D14, D15,D16,D17,D18,D19,D20, D21,D22,D23,D24,D25,D26, D27,D28,D29,D30,D31,D32	LED
13	1	JP1	ESPADIN
14	1	JP3	CON 3
15	1	JP5	TOR5
16	2	JP6,JP10	C.PLANO 13X2
17	2	JP7,JP8	TOR3
18	1	JP9	TOR16
19	1	JP11	TOR4
20	2	JP12,JP13	TOR18
21	16	K1,K2,K3,K4,K5,K6,K7,K8, K9,K10,K11,K12,K13,K14, K15,K16	RELE
22	3	POT2,POT3,R37	10K
23	8	POT4,POT5,POT6,POT7,POT8, POT9,POT10,POT11	2K
24	16	R3,R4,R5,R6,R7,R8,R9,R10, R19,R21,R23,R25,R27,R29, R31,R33	300

Lista 2: Relación de componentes para SPI16 (Pg.2).

PLC SPIRAL SPI16.SCH Lista de Materiales			Revisado: 23 de Marzo de 1992 Revisión: V2 Página 2
Item	NU	Referencia	Componente
25	17	R11,R12,R13,R14,R15,R16, R17,R18,R20,R22,R24,R26, R28,R30,R32,R34,R35	120
26	9	R36,R38,R39,R40,R41,R42, R43,R44,R45	560
27	16	R46,R47,R48,R49,R50,R51, R52,R53,R54,R55,R56,R57, R58,R59,R60,R61	249
28	2	RED1,RED6	R8_47K
29	2	RED2,RED3	R_680
30	2	RED4,RED5	R_5K6
31	1	S1	RESET
32	1	S2	SW DIP-8
33	4	TR1,TR2,TR5,TR6	10V
34	4	TR3,TR4,TR7,TR8	27V
35	1	U1	HD63B09
36	1	U2	DS1232
37	1	U3	EPROM
38	1	U4	RAM
39	1	U5	EEPROM
40	2	U6,U7	65C22
41	1	U8	74HC04
42	2	U9,U11	ULN2803
43	2	U10,U12	74HC540
44	4	U13,U14,U15,U16	PC847
45	1	U17	65C52
46	2	U18,U19	MAX238
47	1	U20	DS3696
48	1	U21	6551
49	1	U22	ADC0808
50	1	U23	REF02
51	1	U24	LM10
52	8	U25,U26,U28,U29,U37,U38, U39,U40	HCPL2531
53	8	U27,U30,U31,U32,U33,U34, U35,U36	OP07
54	1	U41	AD7226
55	1	U42	74HC245
56	3	U43,U44,U45	74HC139
57	1	U46	LM7805
58	1	Y1	4MHz
59	1	Y2	3.6864MHz
60	1	Y3	1.8432MHz

Apéndice B.- Esquemas de diseño del radiomodem Spiral 1200

En este apéndice se reúnen los esquemas de diseño, distribución de componentes, trazado de pistas y lista de materiales para cada una de las tarjetas diseñadas para el radiomodem Spiral 12000 (M12, TER232, MOD232, RS485 y PLARADIO), descritas en el Capítulo IV. Finalmente se muestran algunas fotografías del radiomodem, que ilustran tanto el diseño de cada una de las tarjetas como su ensamblado en la caja diseñada para la instalación del radiomodem en cuadros eléctricos.

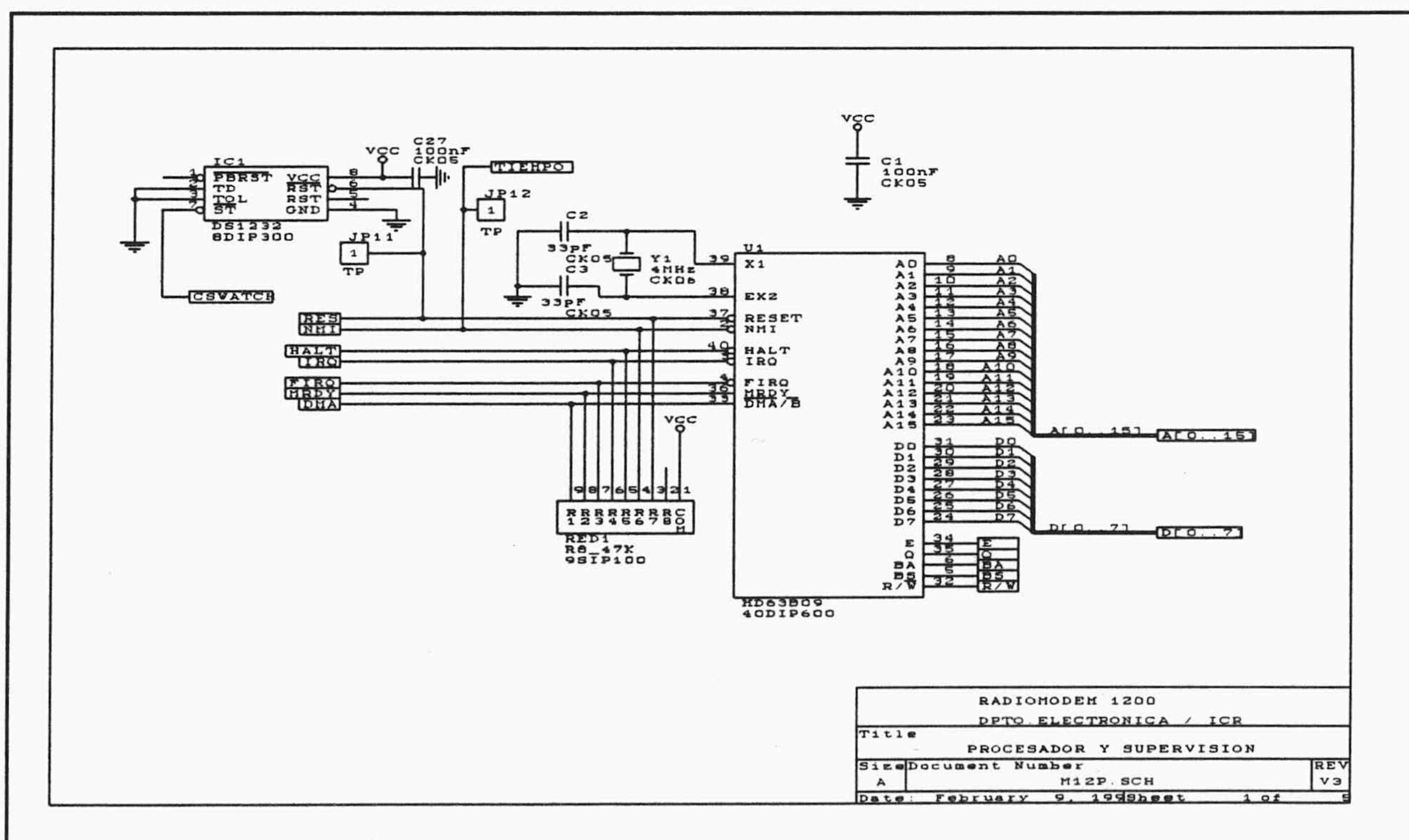


Figura B.1: Procesador y supervisión de M12.

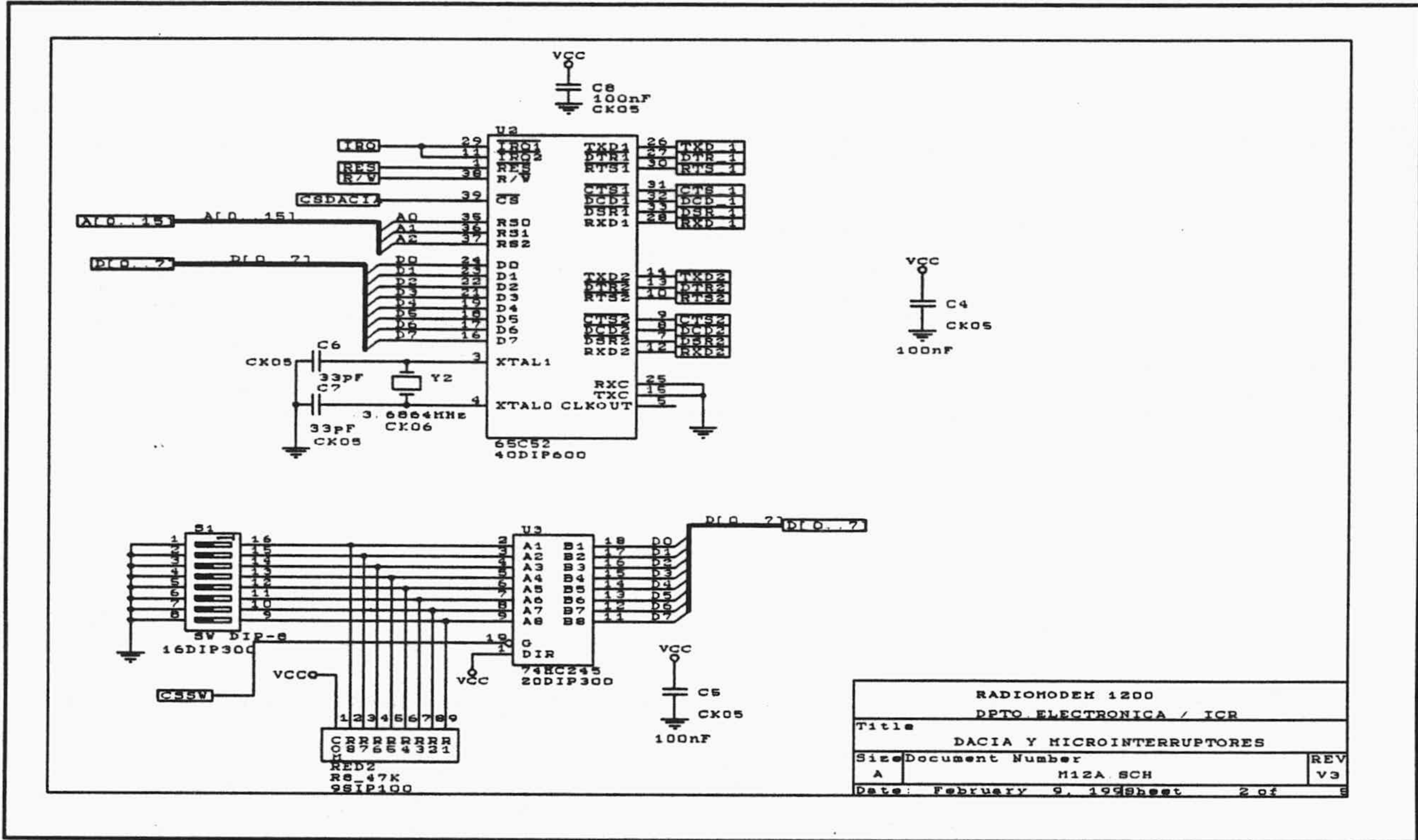


Figura B.2: DACIA y microinterruptores de M12.

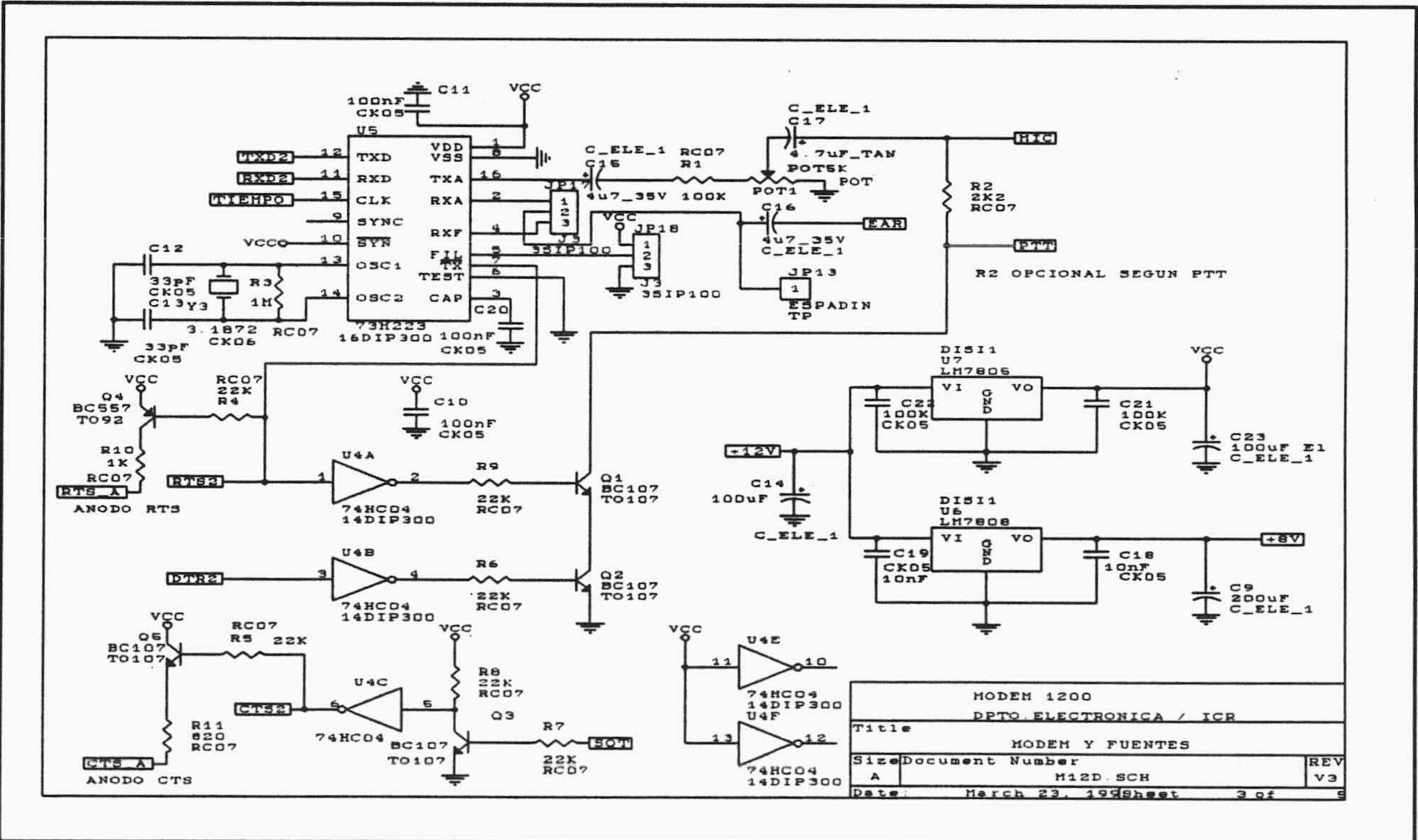


Figura B.3: Modem y fuentes de M12.

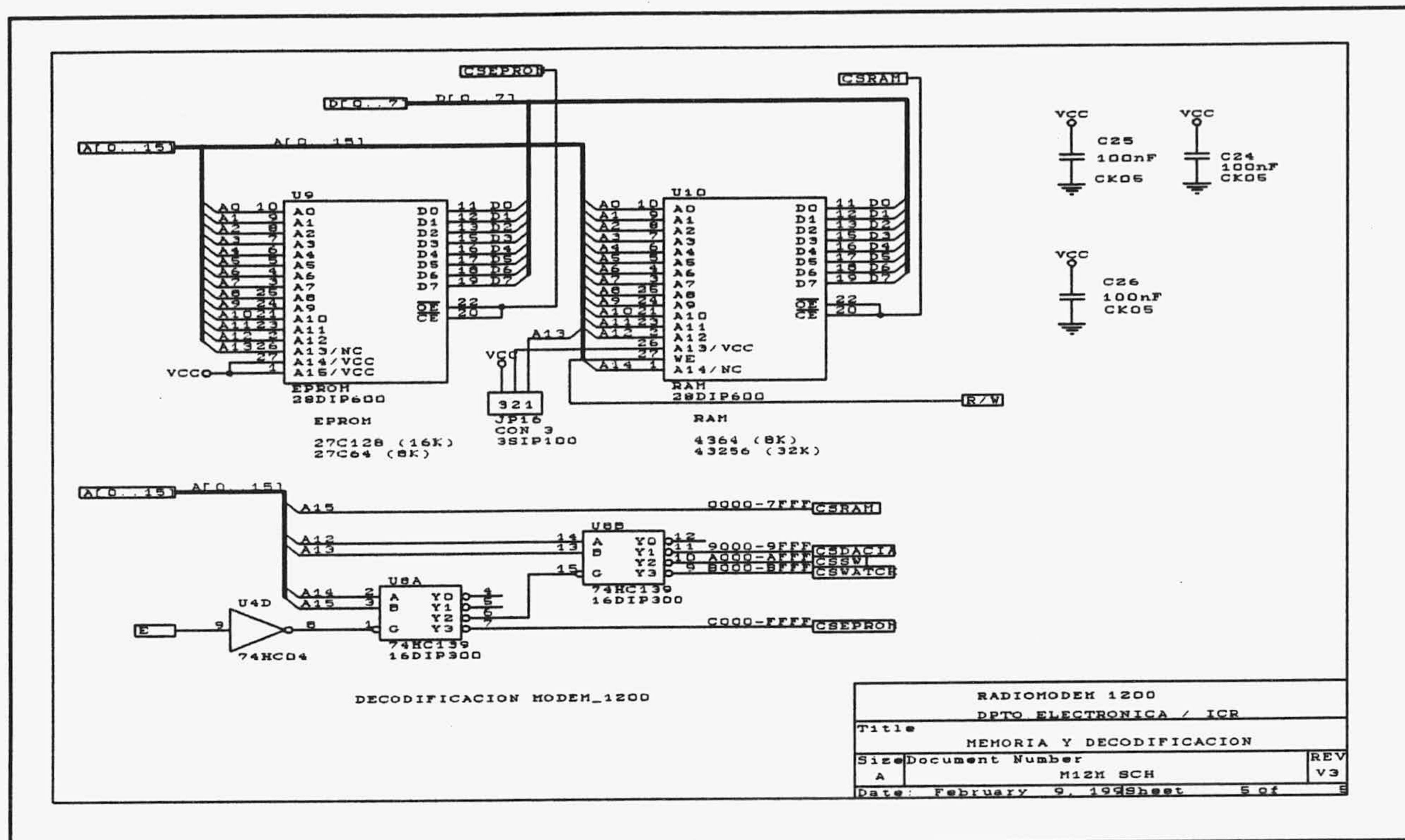


Figura B.4: Memoria y decodificación de M12.

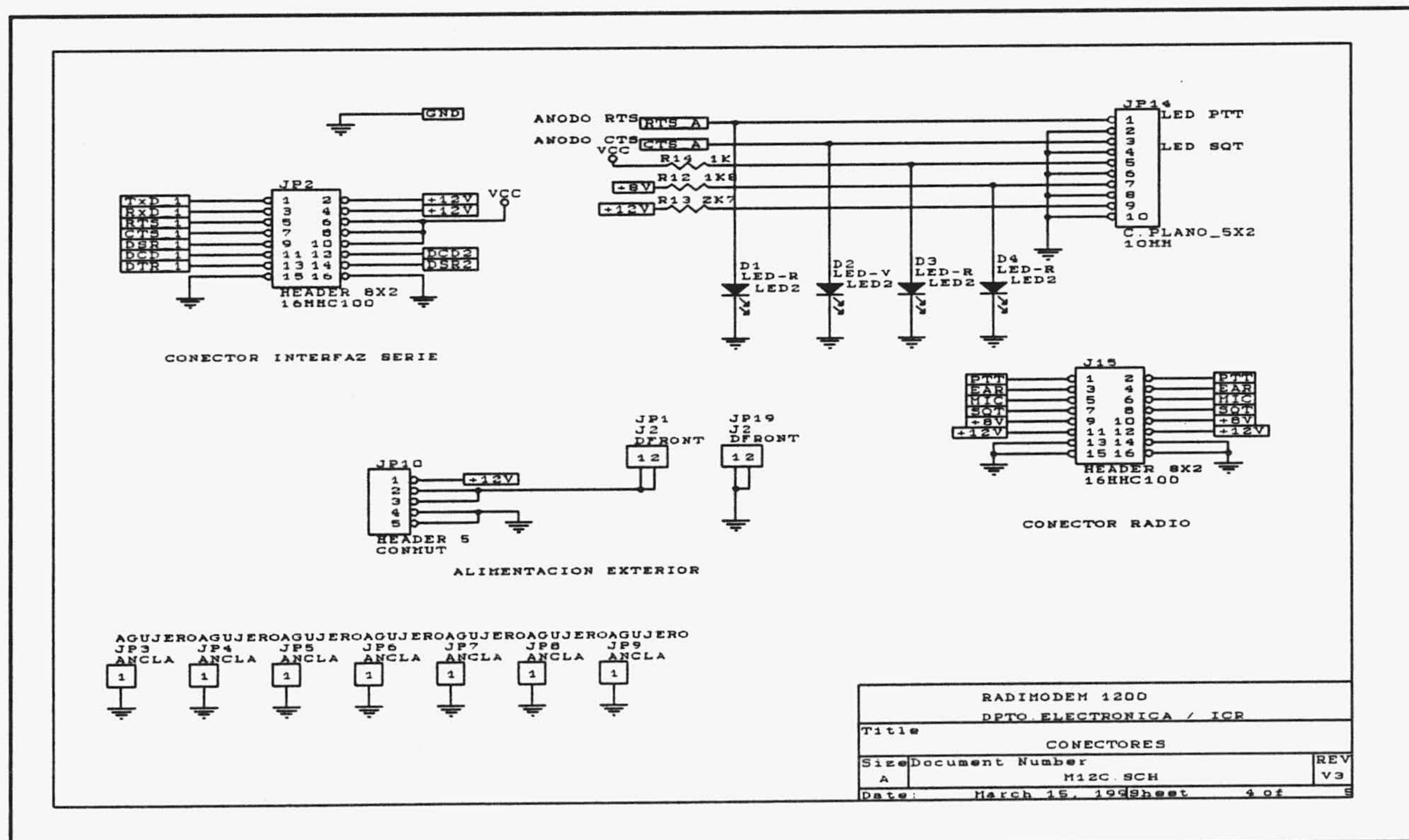


Figura B.5: Conectores de M12.

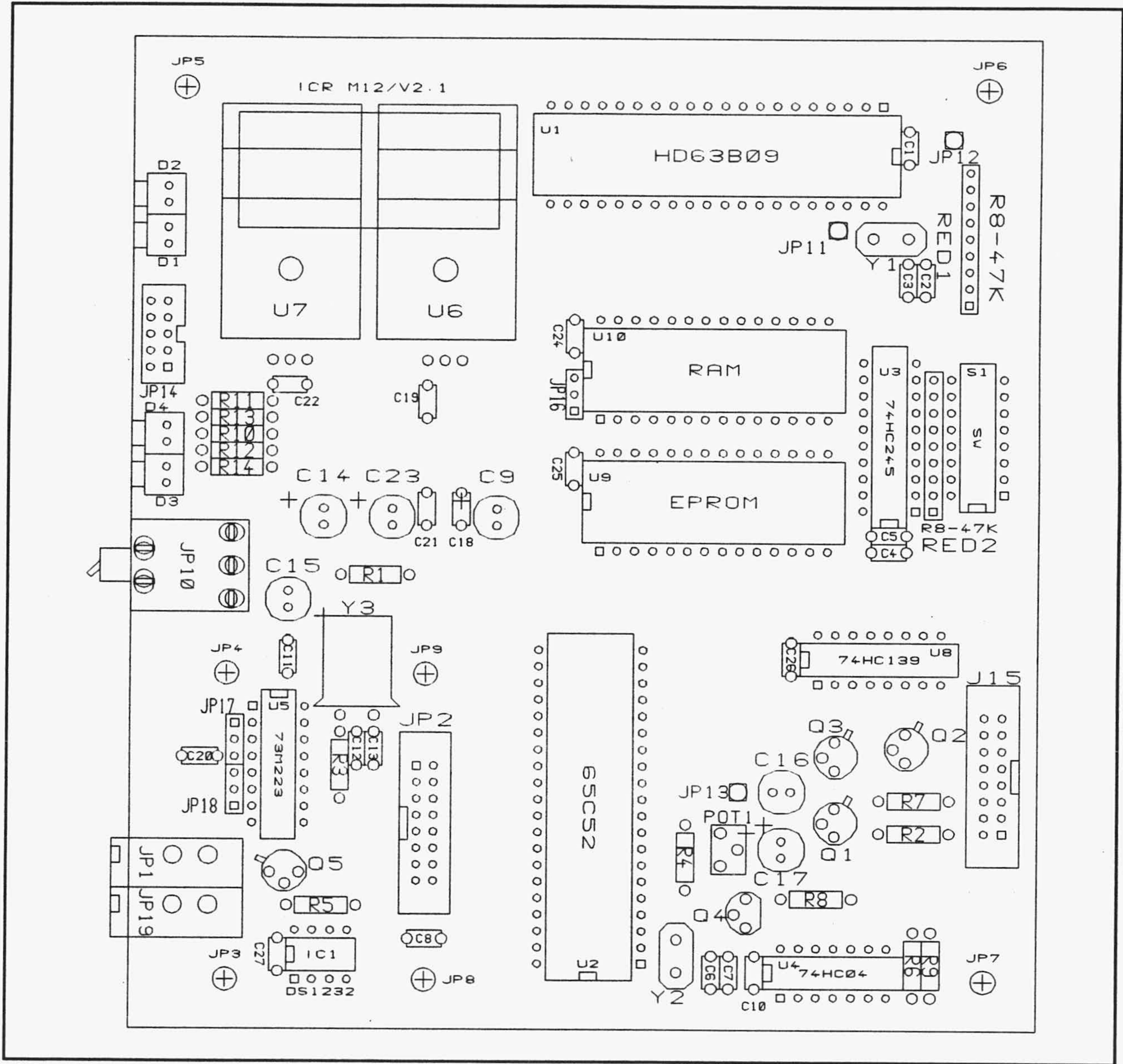


Figura B.6: Distribución de componentes de M12.

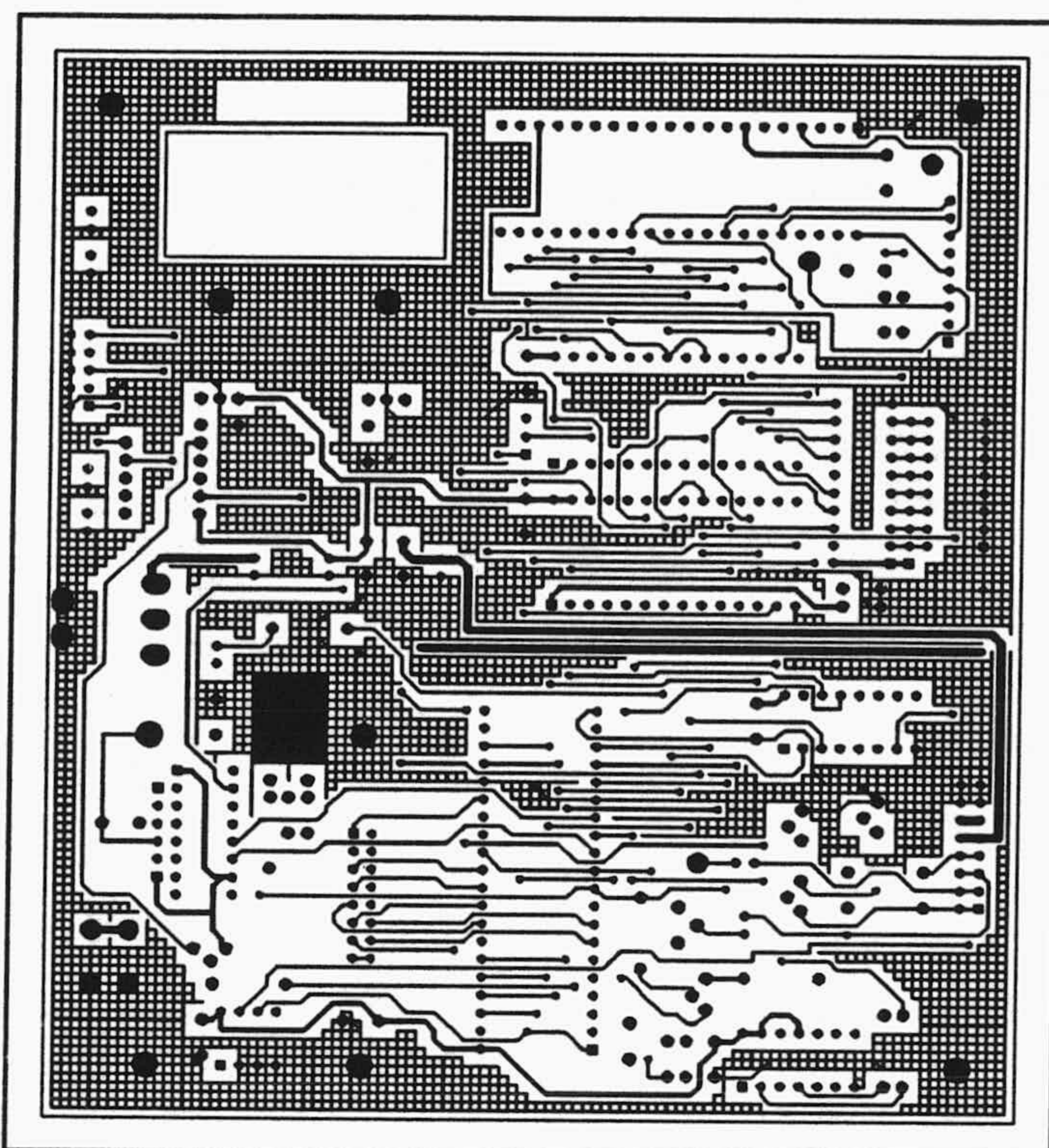


Figura B.7: Trazado de pistas de la cara de componentes de M12.

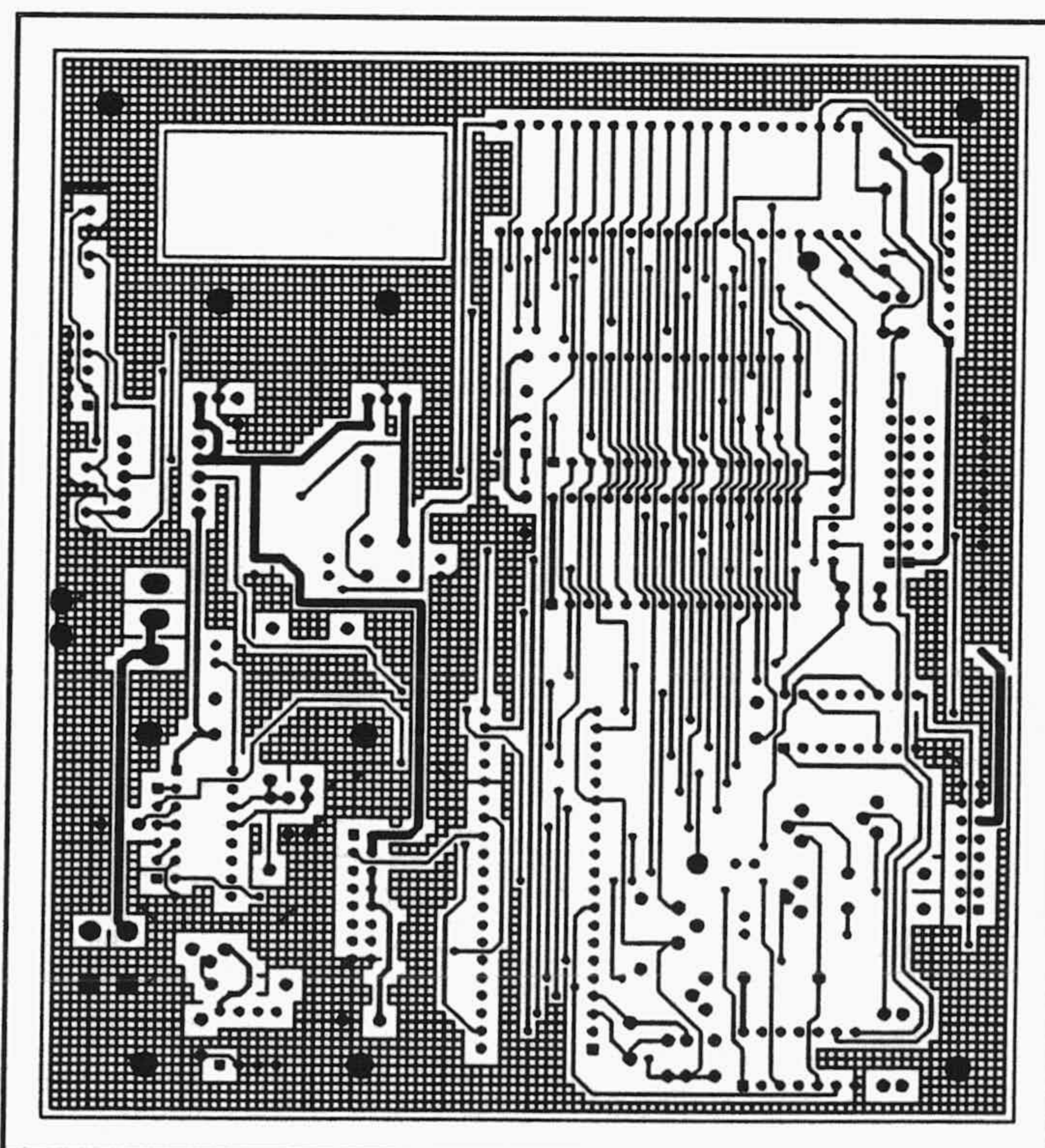


Figura B.8: L2 de M12.

Lista 3: Relación de componentes de M12.

RADIOMODEM M12			Revisado: 9 de Febrero de 1993
M12.SCH			Revisión: V3
Lista de Materiales			Página 1
Item	NU	Referencia	Componente
1	11	C1,C4,C5,C8,C10,C11,C20,C24,C25,C26,C27	100nF
2	6	C2,C3,C6,C7,C12,C13	33pF
3	1	C9	200uF
4	1	C14	100uF
5	2	C15,C16	4u7_35V
6	1	C17	4.7uF_TAN
7	2	C18,C19	10nF
8	3	R1,C21,C22	100K
9	1	C23	100uF EI
10	3	D1,D3,D4	LED-R
11	1	D2	LED-V
12	1	IC1	DS1232
13	2	JP2,J15	8X2H Sold
14	2	JP1,JP19	TOR DFRONT
15	7	JP3,JP4,JP5,JP6,JP7,JP8,JP9	ANCLA 12mm
16	1	JP10	INTERRUPTOR
17	3	JP11,JP12,JP13	ESPADIN
18	1	JP14	5X2M Sold
19	3	JP16,JP17,JP18	CON 3 Selección
20	1	POT1	POT5K
21	4	Q1,Q2,Q3,Q5	BC107
22	1	Q4	BC557
23	1	R2	2K2
24	1	R3	1M
25	6	R4,R5,R6,R7,R8,R9	22K
26	2	R10,R14	1K
27	1	R11	820
28	1	R12	1K8
29	1	R13	2K7
30	2	RED1,RED2	R8_47K
31	1	S1	SW DIP-8
32	1	U1	HD63B09
33	1	U2	65C52
34	1	U3	74HC245
35	1	U4	74HC04
36	1	U5	73M223
37	1	U6	LM7808
38	1	U7	LM7805
39	1	U8	74HC139
40	1	U9	EPROM (27C128 o 27C64)
41	1	U10	RAM (4364 o 43256)
42	1	Y1	4MHz
43	1	Y2	3.6864MHz
44	1	Y3	3.1872

Figura B.9: Esquema de TER232.

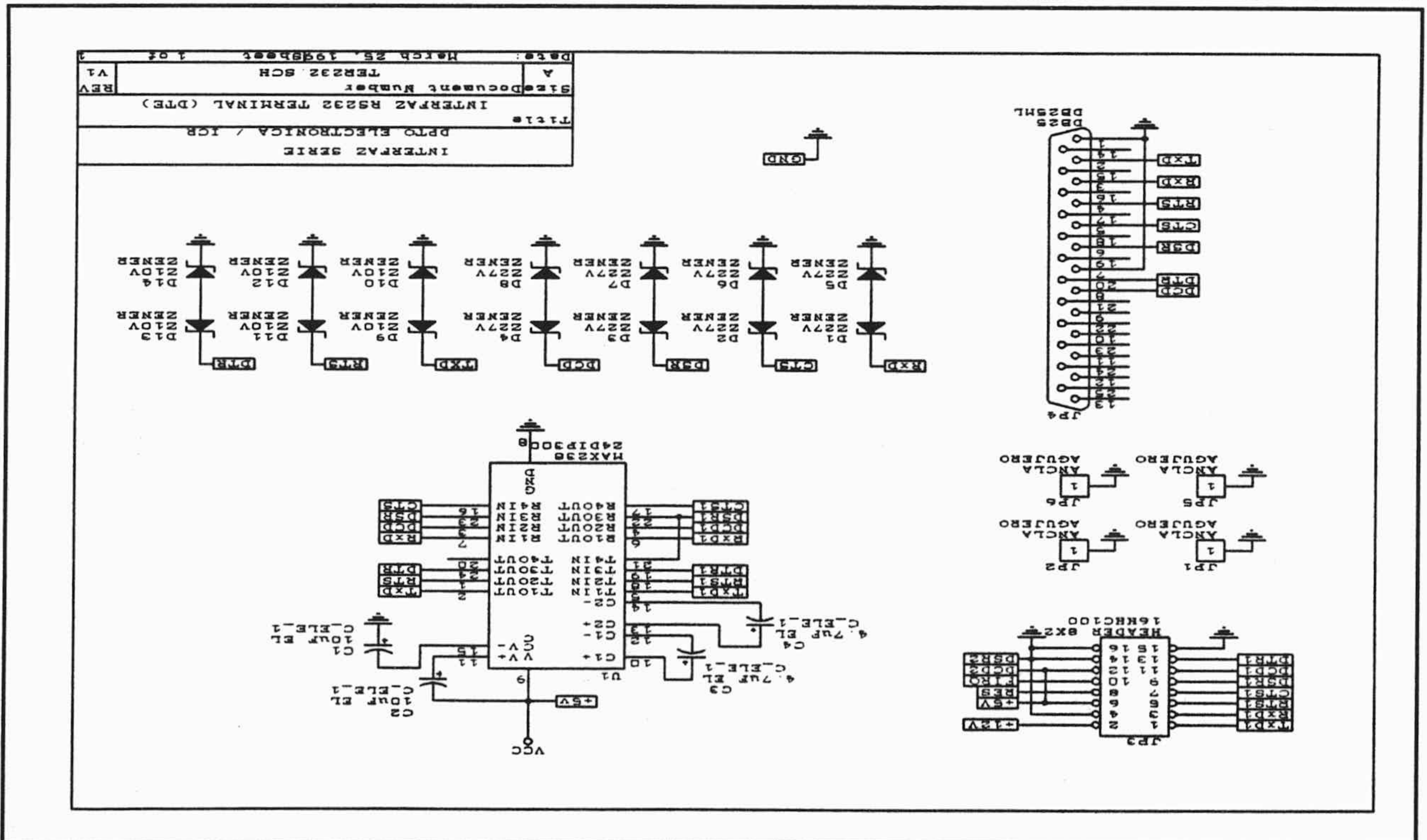
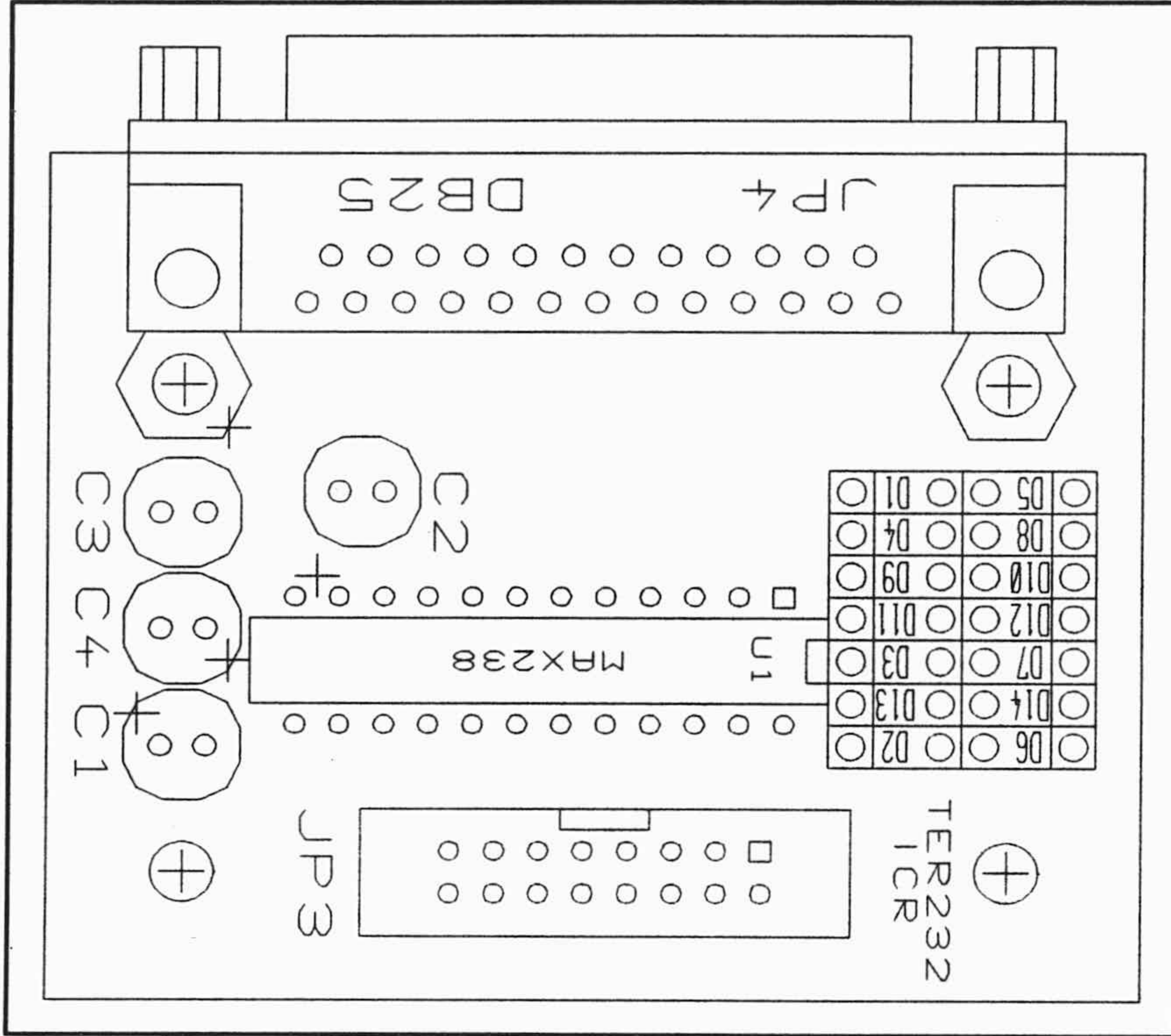


Figura B.10: Distribución de componentes de TER232.



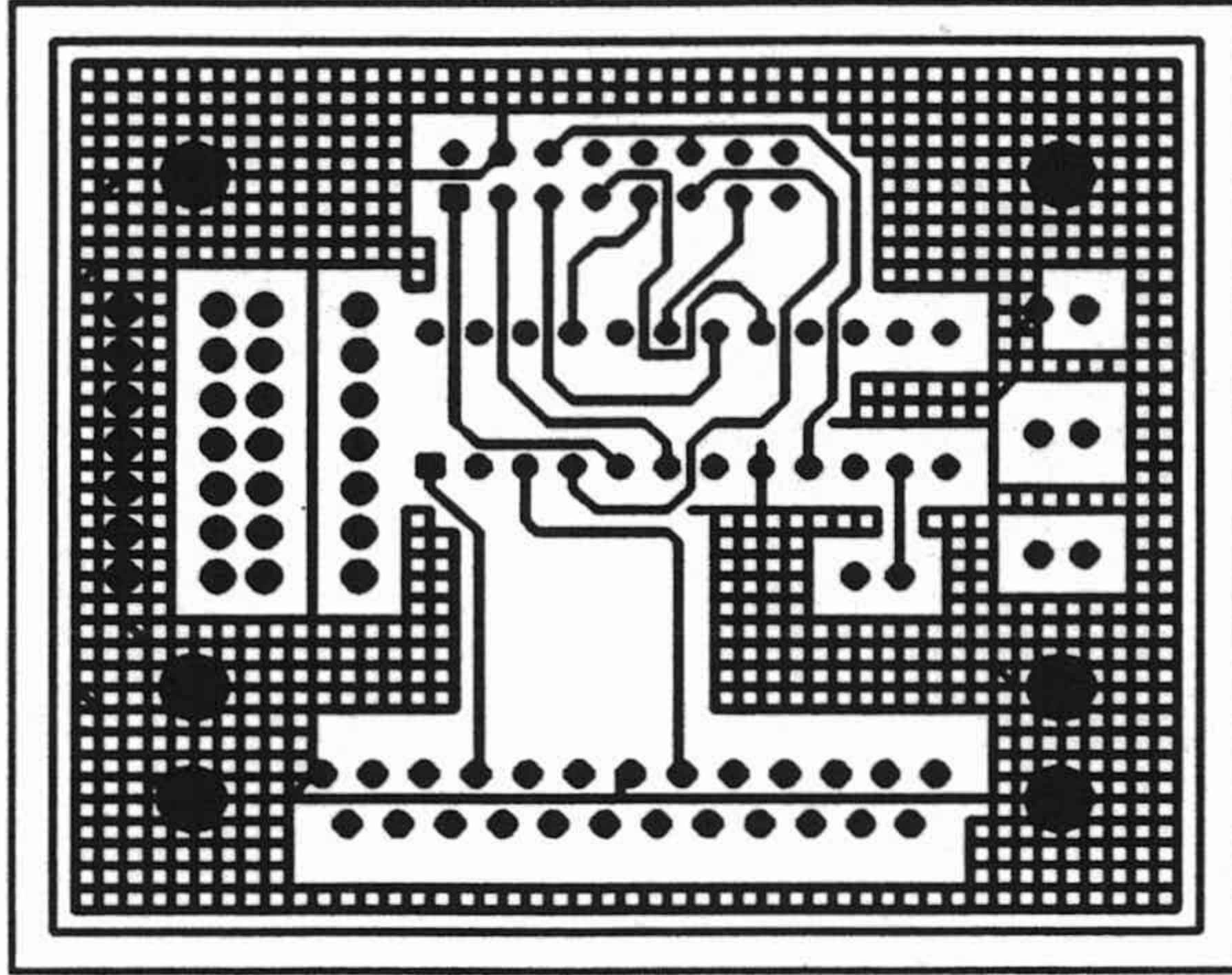


Figura B.11: L1 de TER232.

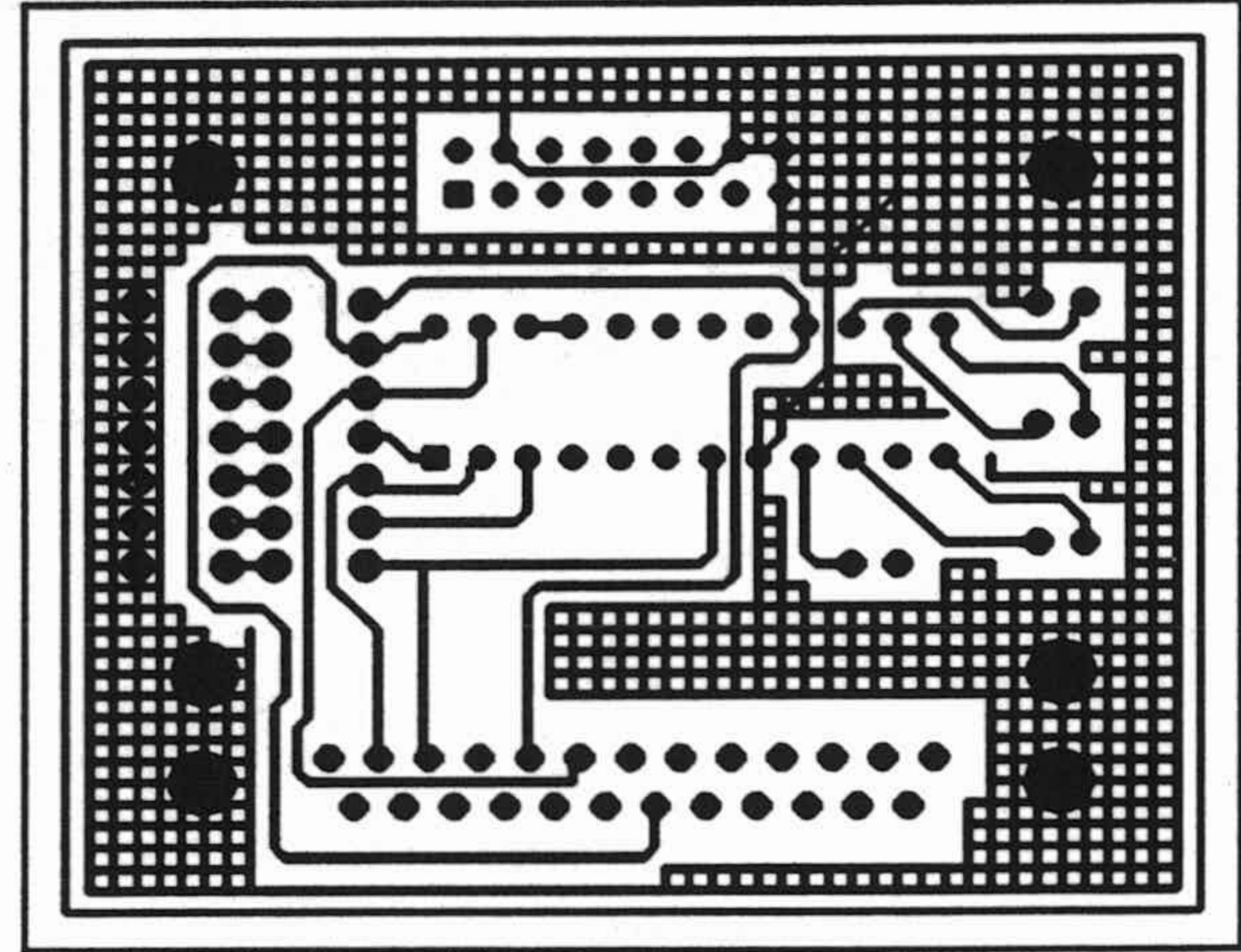


Figura B.12: L2 de TER232.

Lista 4: Relación de componentes de TER232.

*INTERFAZ RS-232 TERMINAL
TER232.SCH
Lista de Materiales*

*Revisado: 9 de Febrero de 1993
Revisión: V1
Página 1*

Item	NU	Referencia	Componente
1	2	C1,C2	10uF EL
2	2	C3,C4	4.7uF EL
3	8	D1,D2,D3,D4,D5,D6,D7,D8	Z27V
4	6	D9,D10,D11,D12,D13,D14	Z10V
5	4	JP1,JP2,JP5,JP6	ANCLA 12mm
6	1	JP3	8X2M Sold
7	1	JP4	DB25M
8	1	U1	MAX238

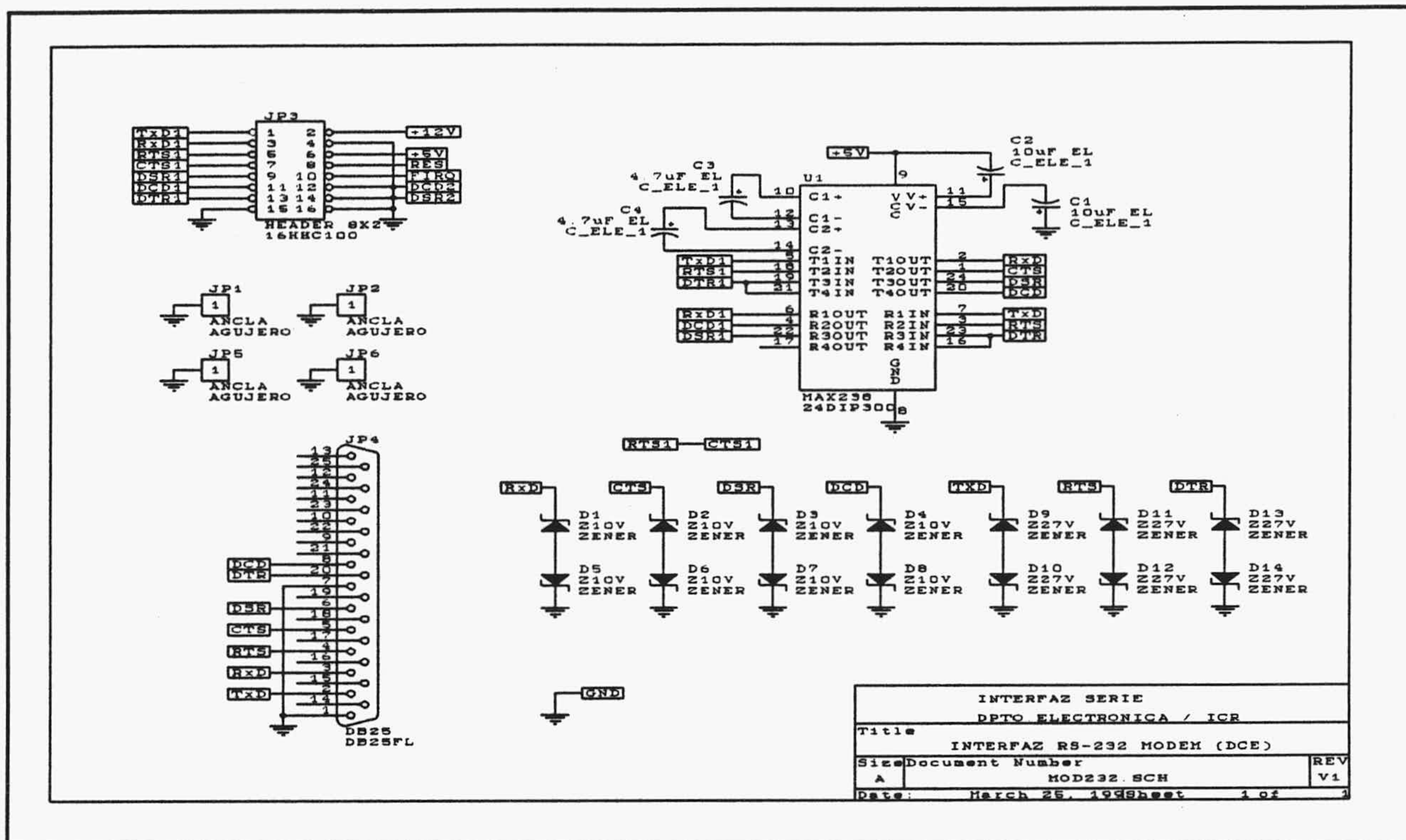


Figura B.13: Esquema de MOD232.

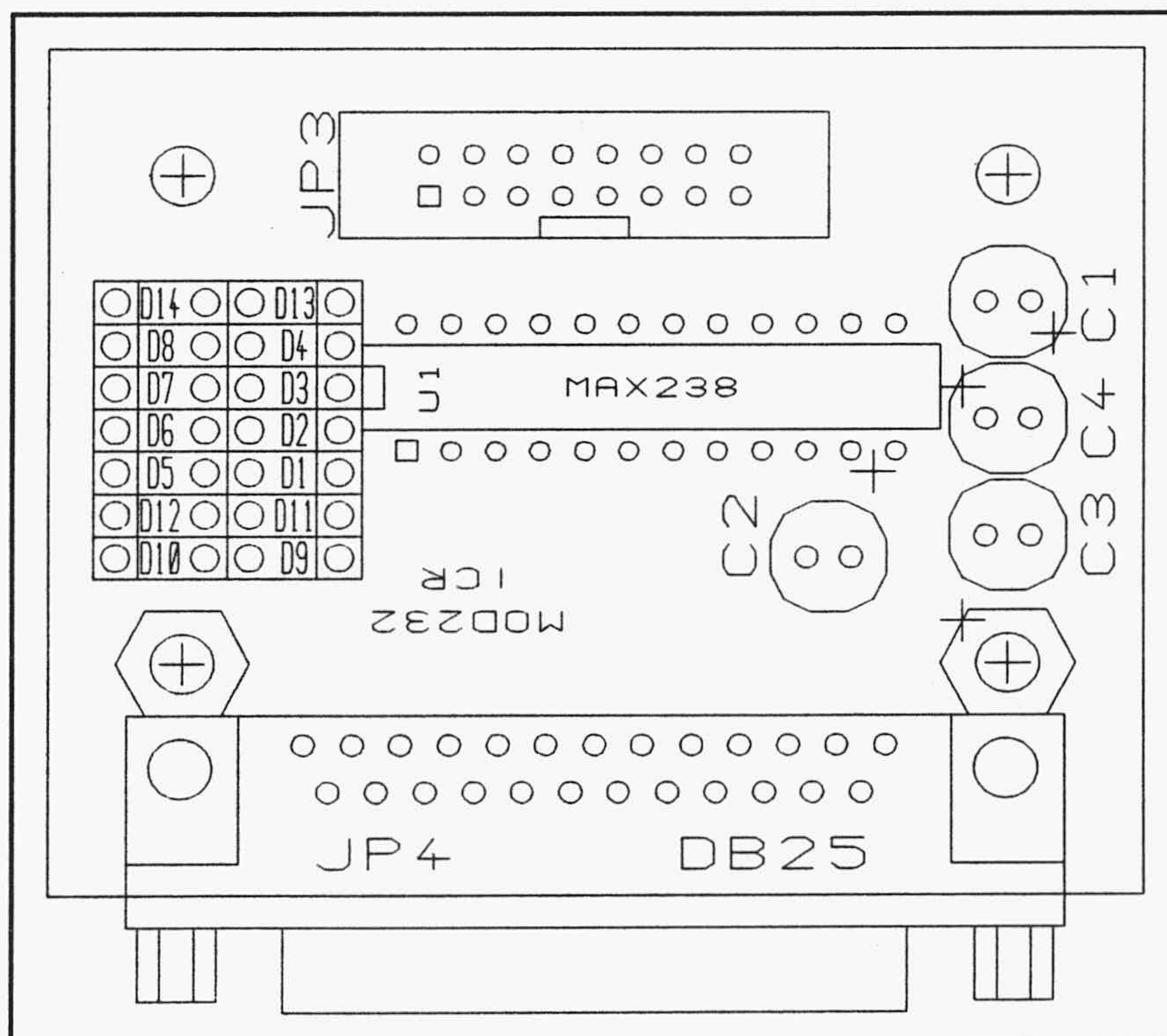


Figura B.14: Distribución de componentes de MOD232.

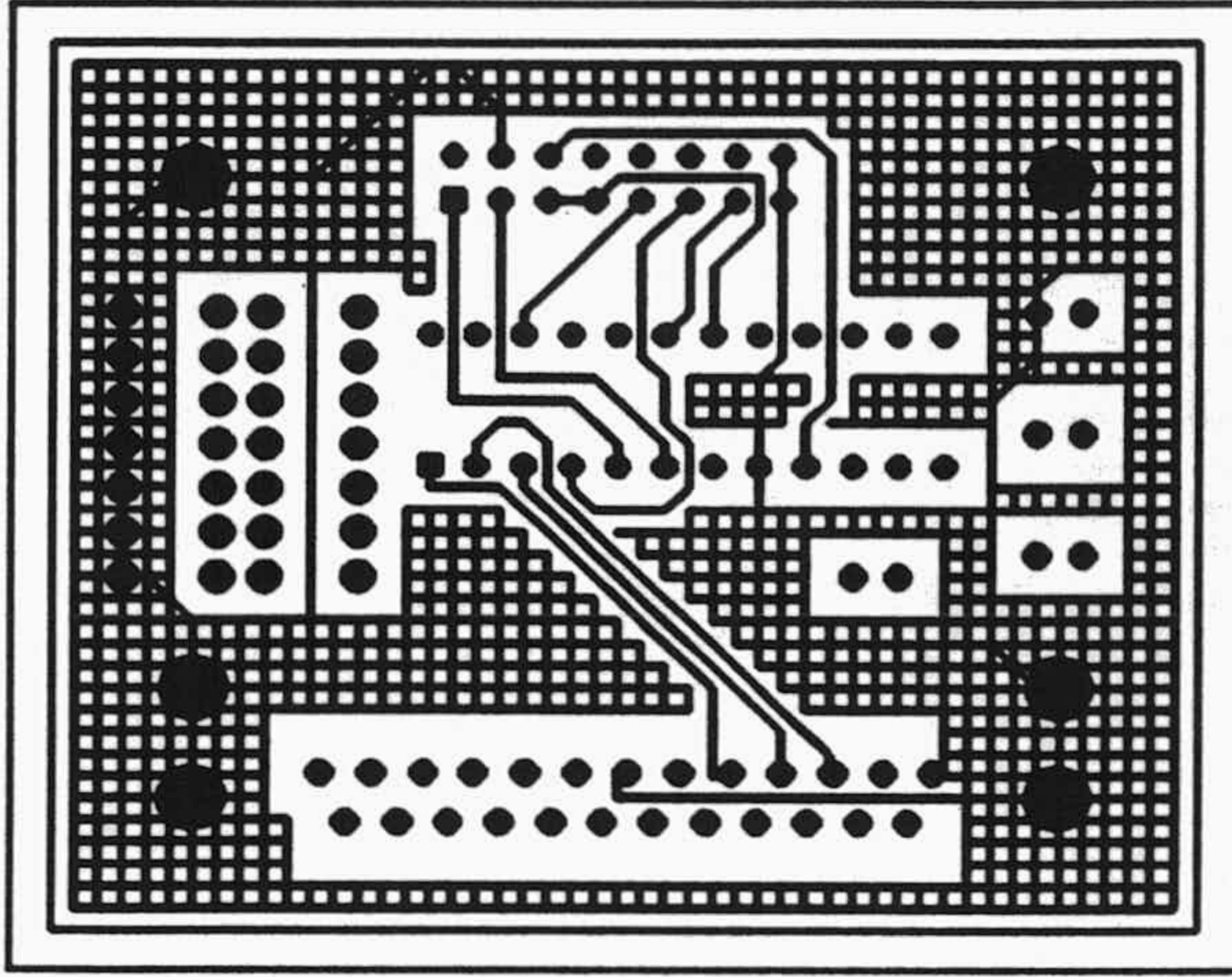


Figura B.15: L1 de MOD232.

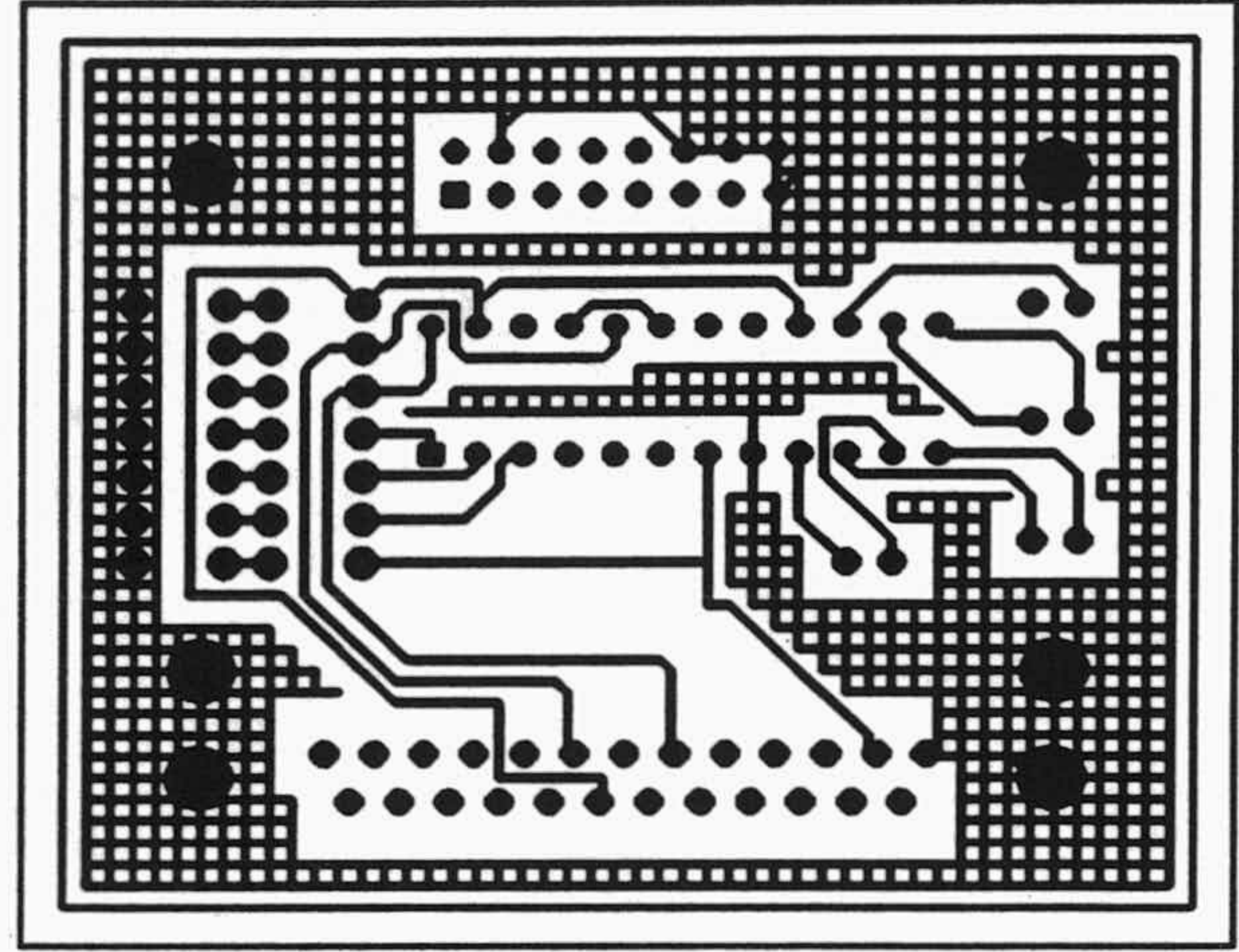


Figura B.16: L2 de MOD232.

Lista 5: Relación de componentes de MOD232.

INTERFAZ RS-232 MODEM MOD232.SCH Lista de Materiales			Revisado: 9 de Febrero de 1993 Revisión: VI Página 1
Item	NU	Referencia	Componente
1	2	C1,C2	10uF EL
2	2	C3,C4	4.7uF EL
3	8	D1,D2,D3,D4,D5,D6,D7,D8	Z10V
4	6	D9,D10,D11,D12,D13,D14	Z27V
5	4	JP1,JP2,JP5,JP6	ANCLA 12mm
6	1	JP3	8X2M
7	1	JP4	DB25H
8	1	U1	MAX238

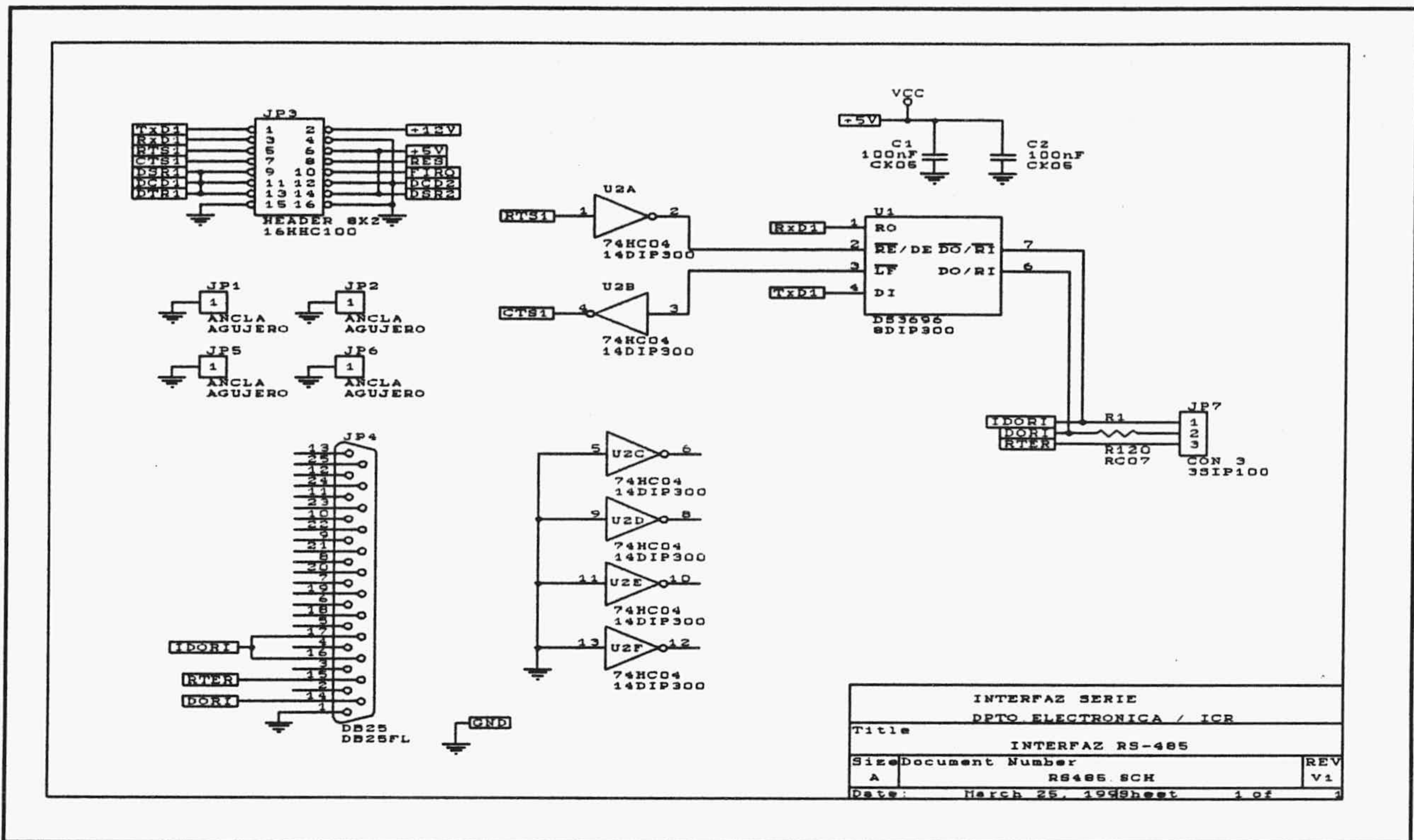


Figura B.17: Esquema de RS485.

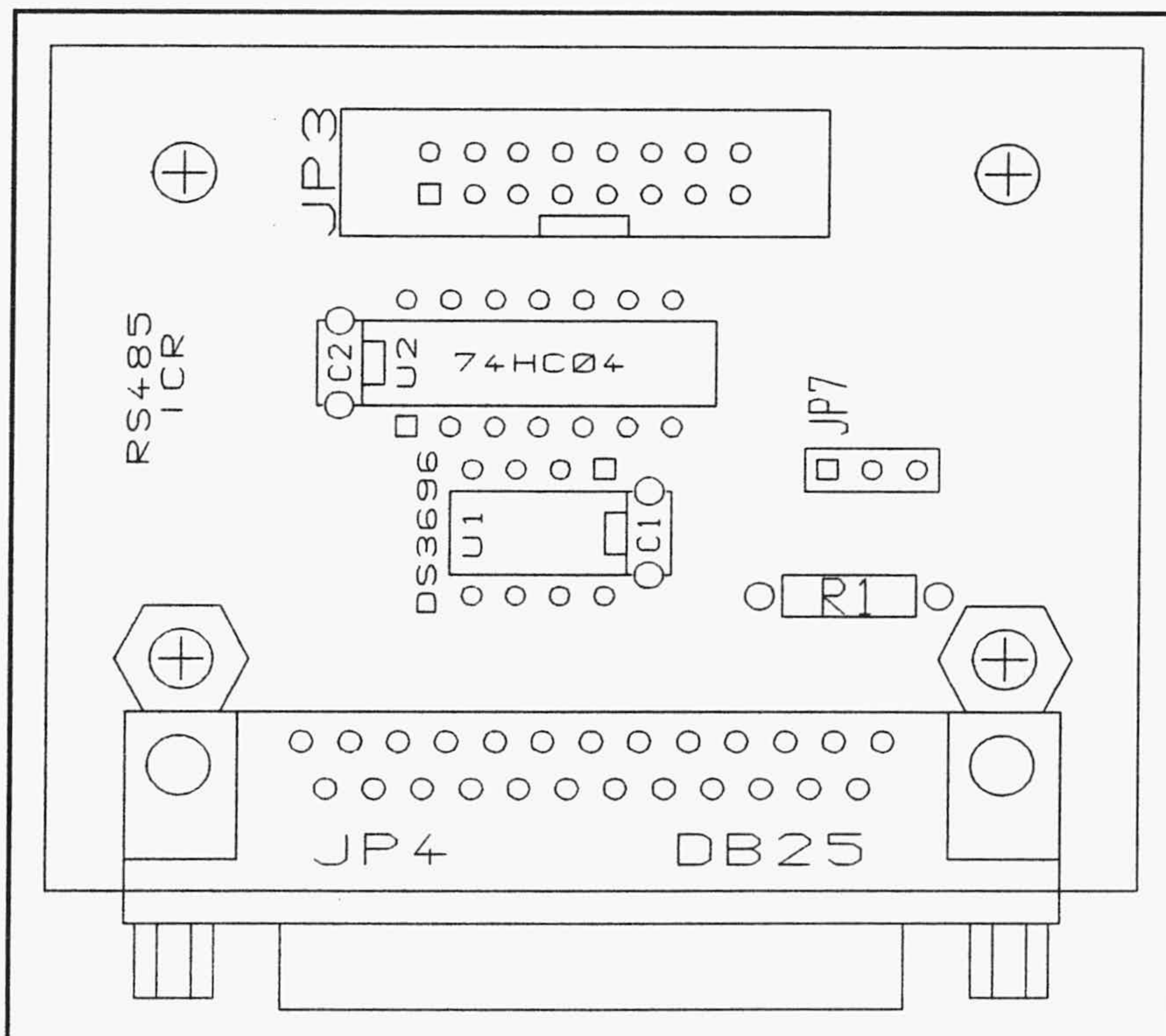


Figura B.18: Distribución de componentes de RS485.

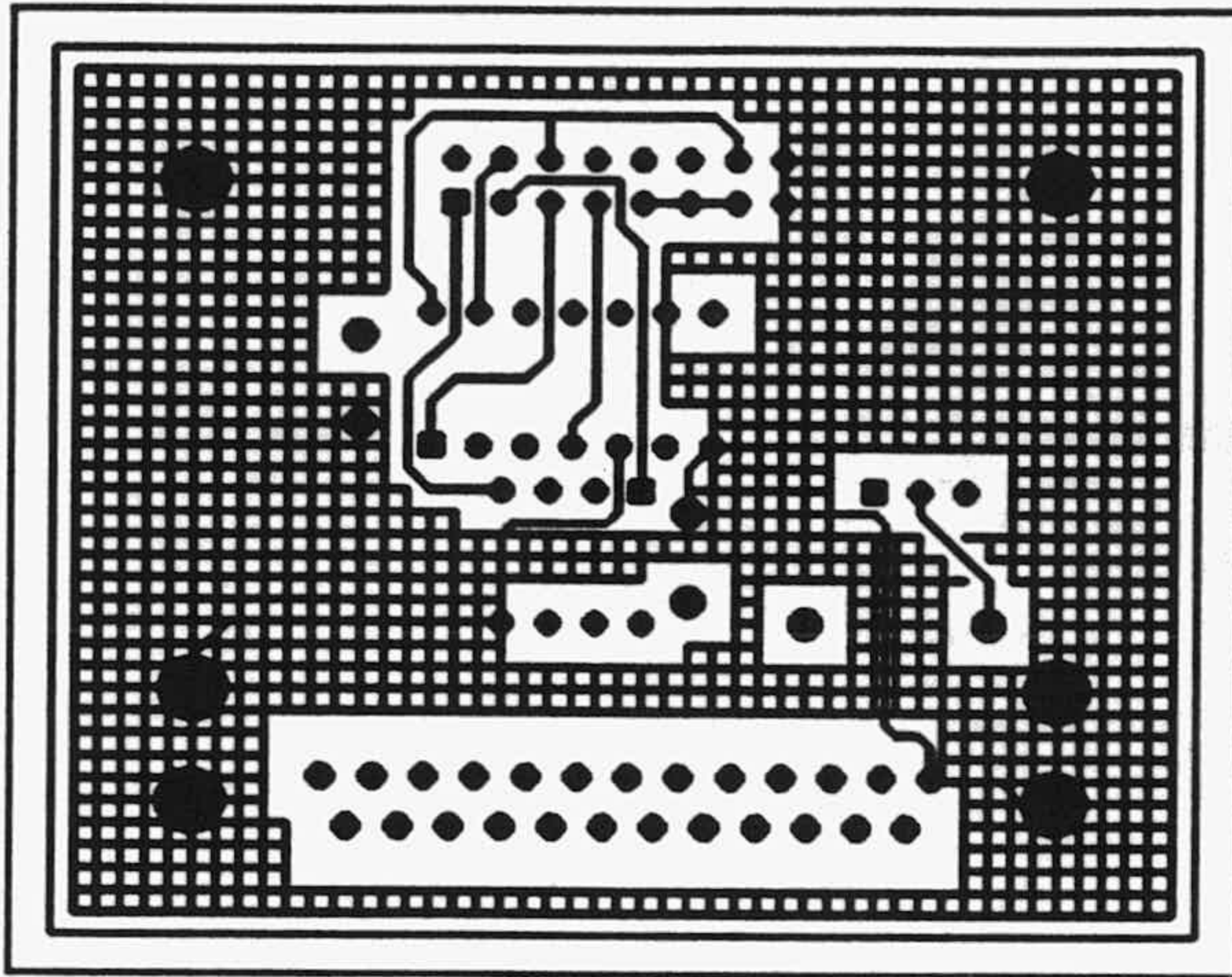


Figura B.19: L1 de RS485.

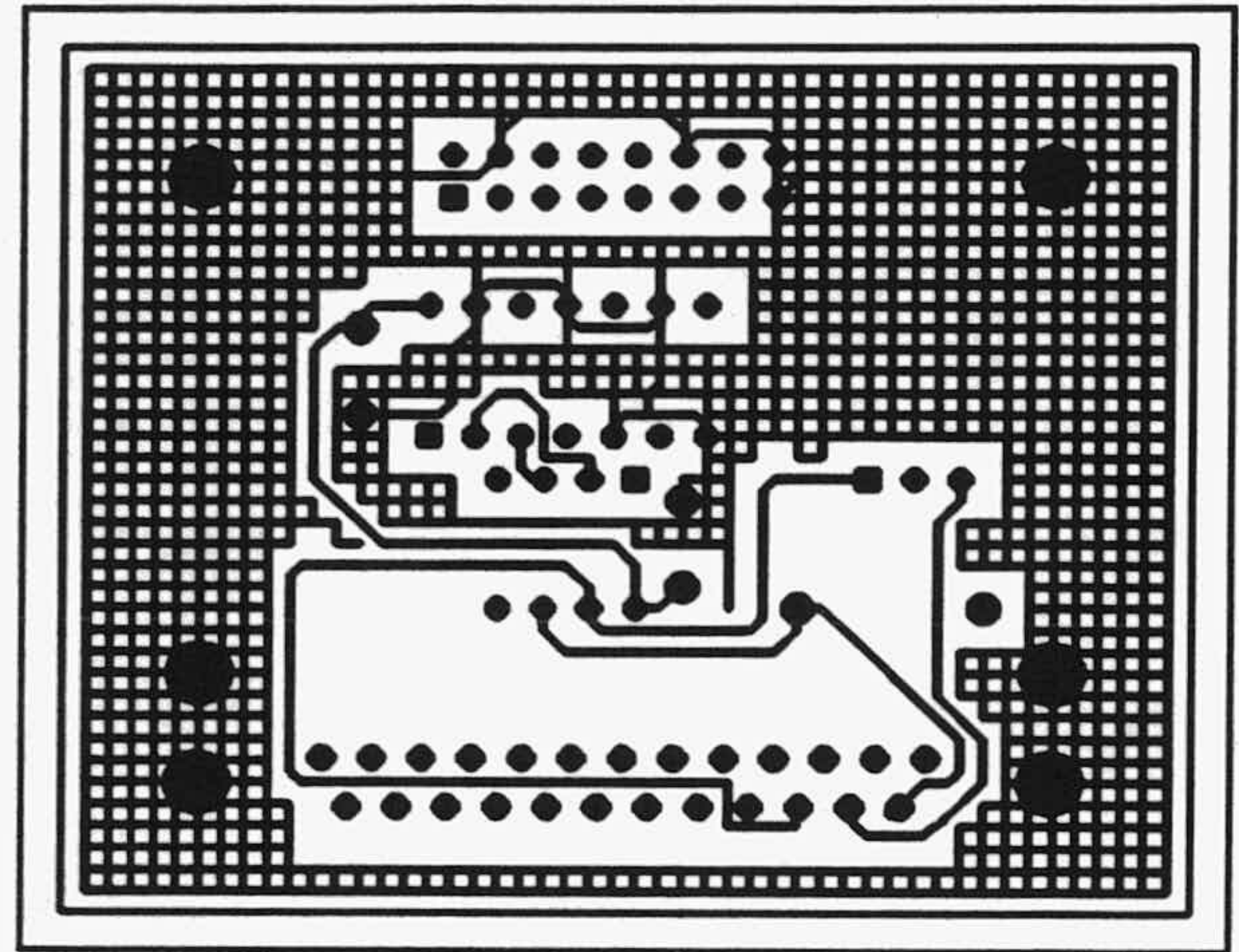


Figura B.20: L2 de RS485.

Lista 6: Relación de componentes de RS485.

<i>INTERFAZ RS-485</i>			<i>Revisado: 9 de Febrero de 1993</i>
<i>RS485.SCH</i>			<i>Revisión: VI</i>
<i>Lista de Materiales</i>			<i>Página 1</i>
<u>Item</u>	<u>NU</u>	<u>Referencia</u>	<u>Componente</u>
1	2	C1,C2	100nF
2	4	JP1,JP2,JP5,JP6	ANCLA 12mm
3	1	JP3	8X2M Sold
4	1	JP4	DB25H
5	1	JP7	CON 3 (selección)
6	1	R1	R120
7	1	U1	DS3696
8	1	U2	74HC04

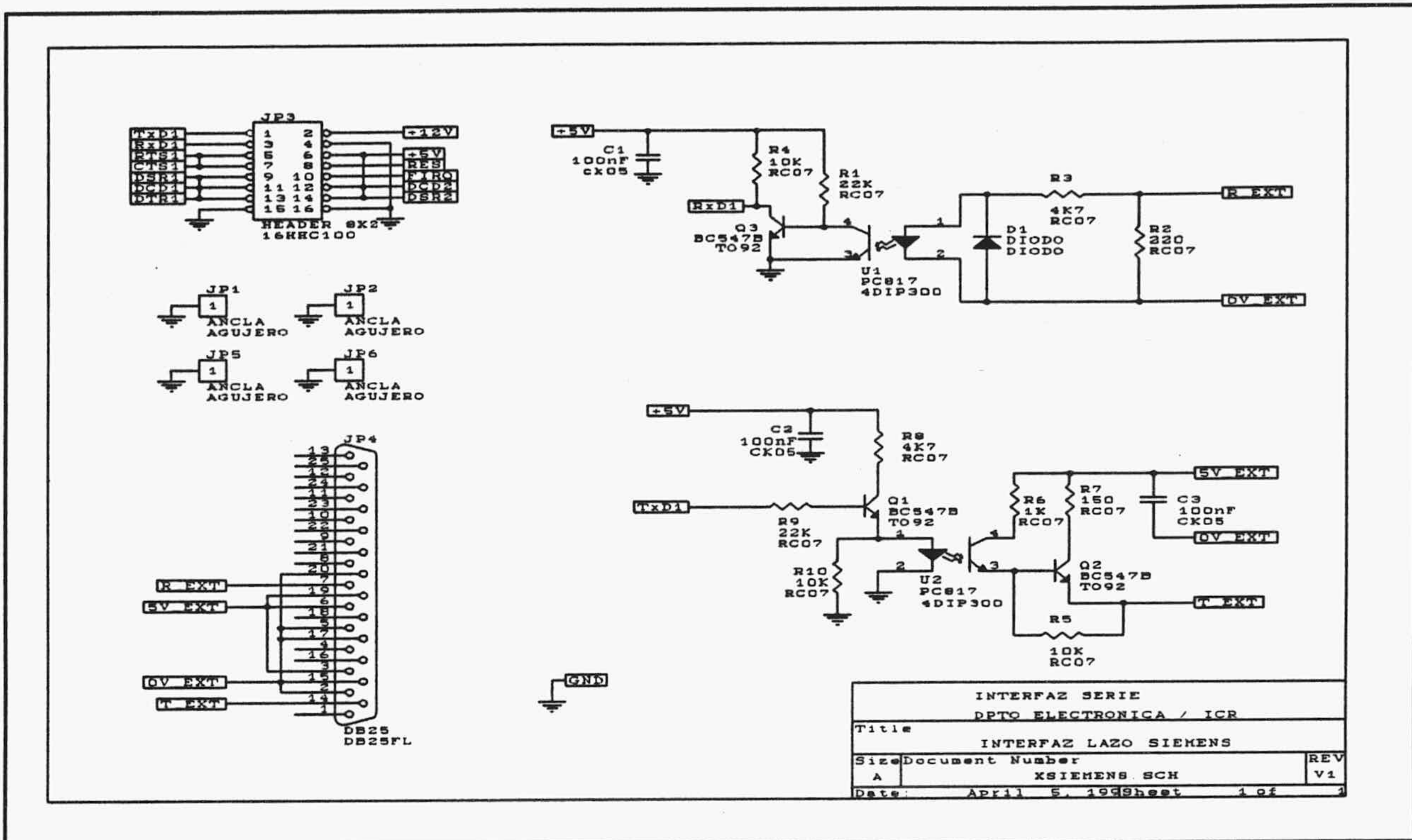


Figura B.21: Esquema de XSIEMENS.

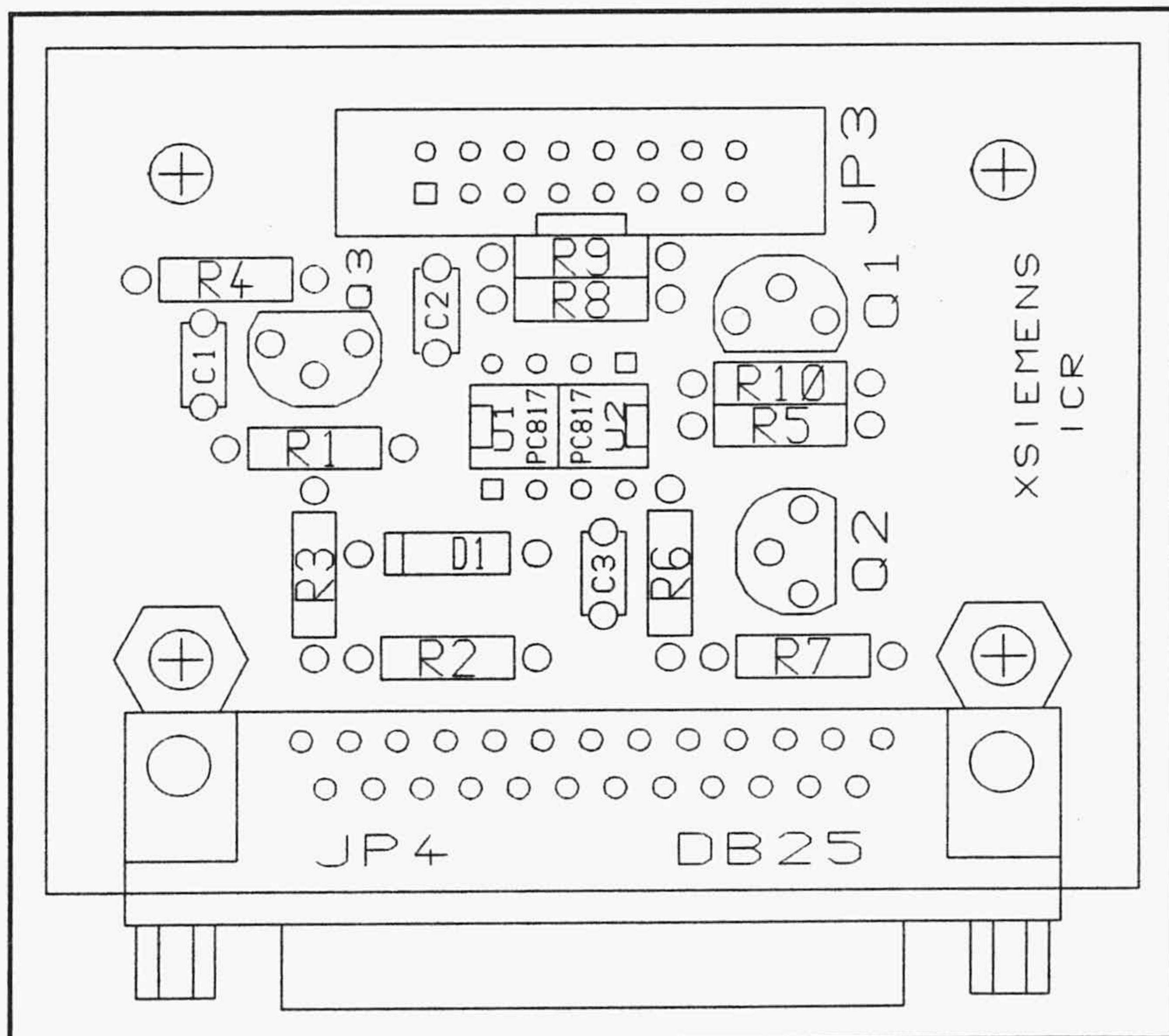


Figura B.22: Distribución de componentes de XSIEMENS.

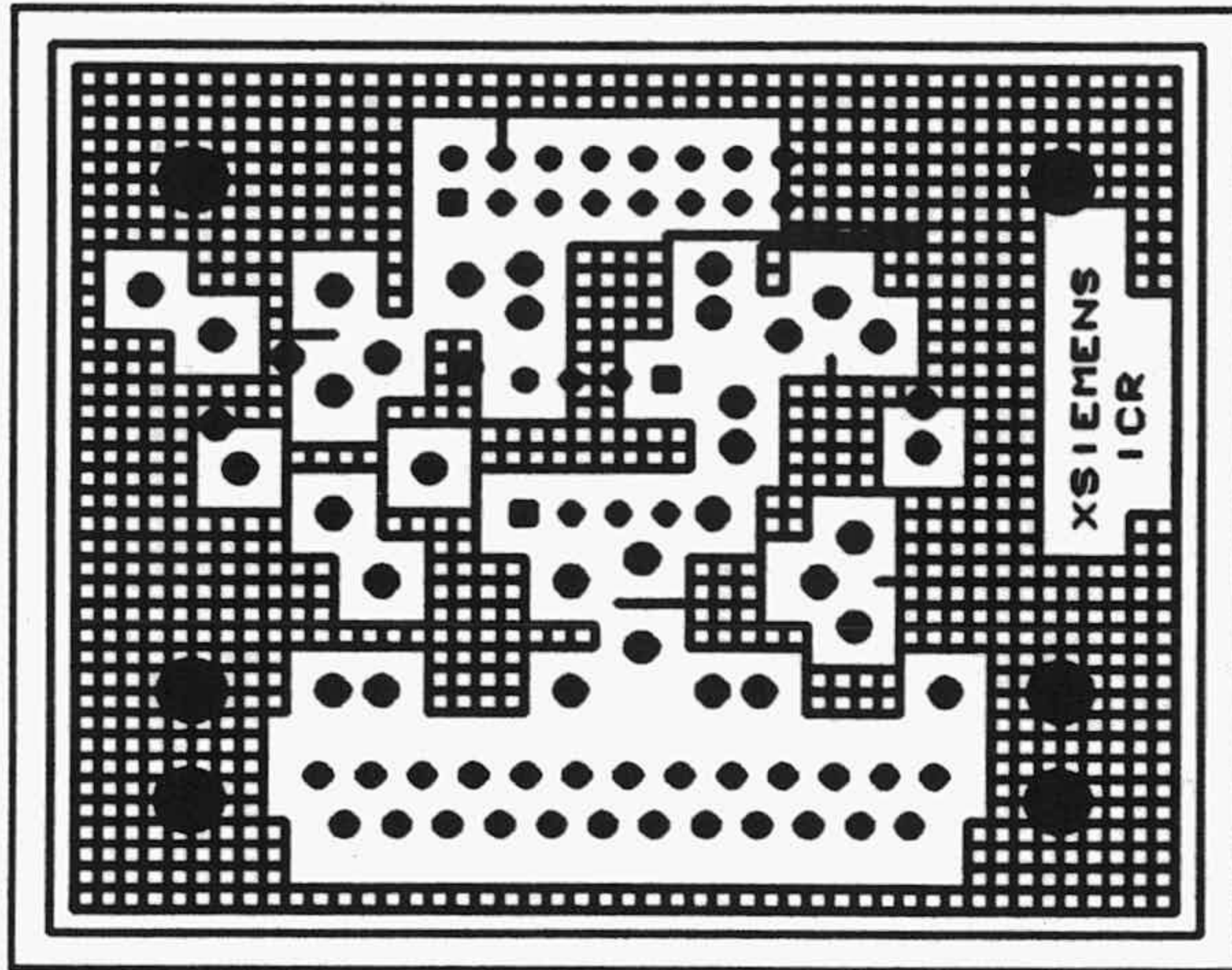


Figura B.23: L1 de XSIEMENS.

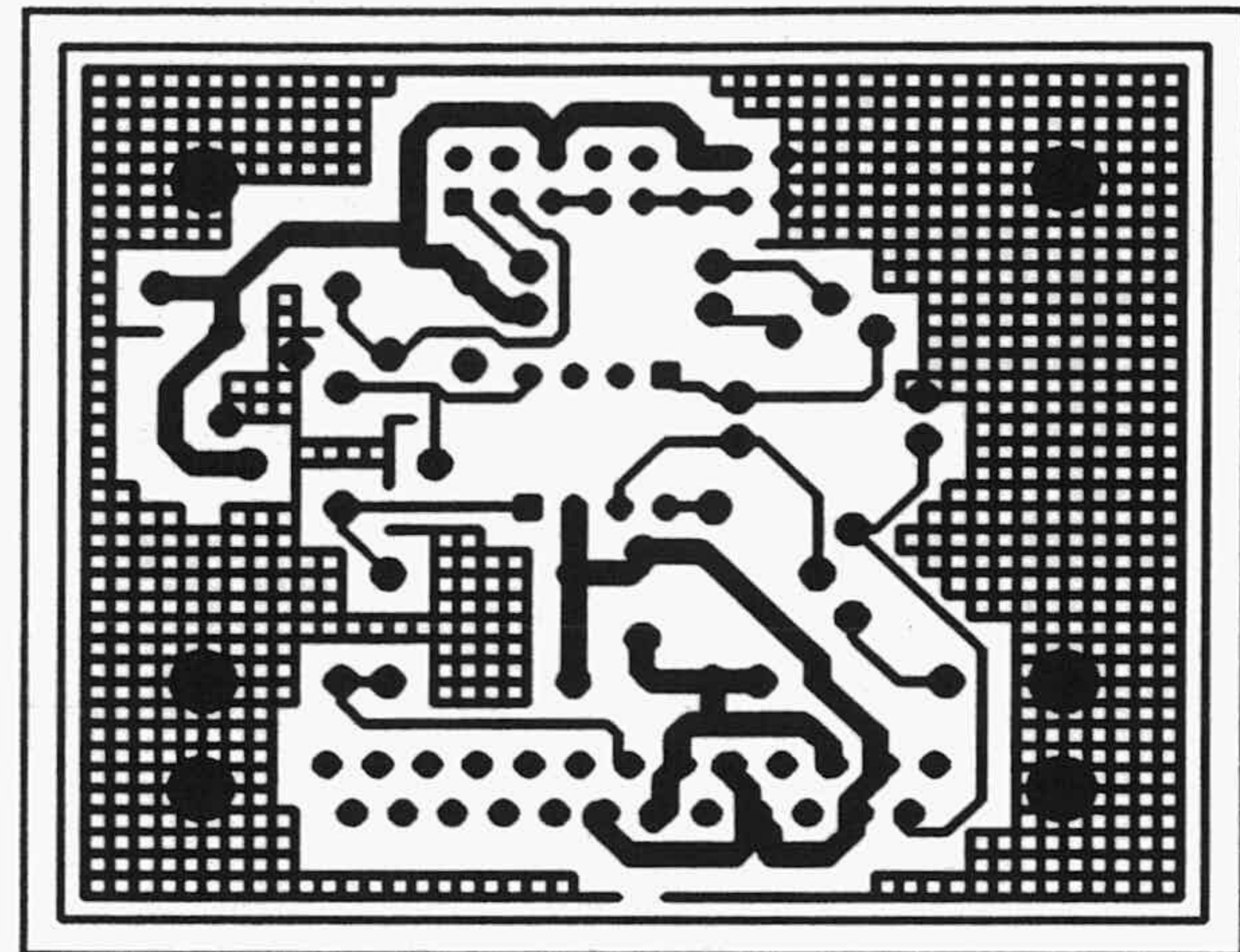


Figura B.24: L2 de XSIEMENS.

Lista 7: Relación de componentes de XSIEMENS.

Item	NU	Referencia	Componente
1	3	C1,C2,C3	100nF
2	1	D1	DIODO CONMUTACION
3	4	JP1,JP2,JP5,JP6	ANCLA 12mm
4	1	JP3	8X2M Sold
5	1	JP4	DB25H
6	3	Q1,Q2,Q3	BC547B
7	1	R1,R9	22K
8	1	R2	220
9	1	R3,R8	4K7
10	1	R4,R5,R10	10K
11	1	R6	1K
12	1	R7	150
13	2	U1,U2	PC817

LAZO 0-20mA
XSIEMENS.SCH
Lista de Materiales

Revisado: 9 de Febrero de 1993
Revisión: V1
Página 1

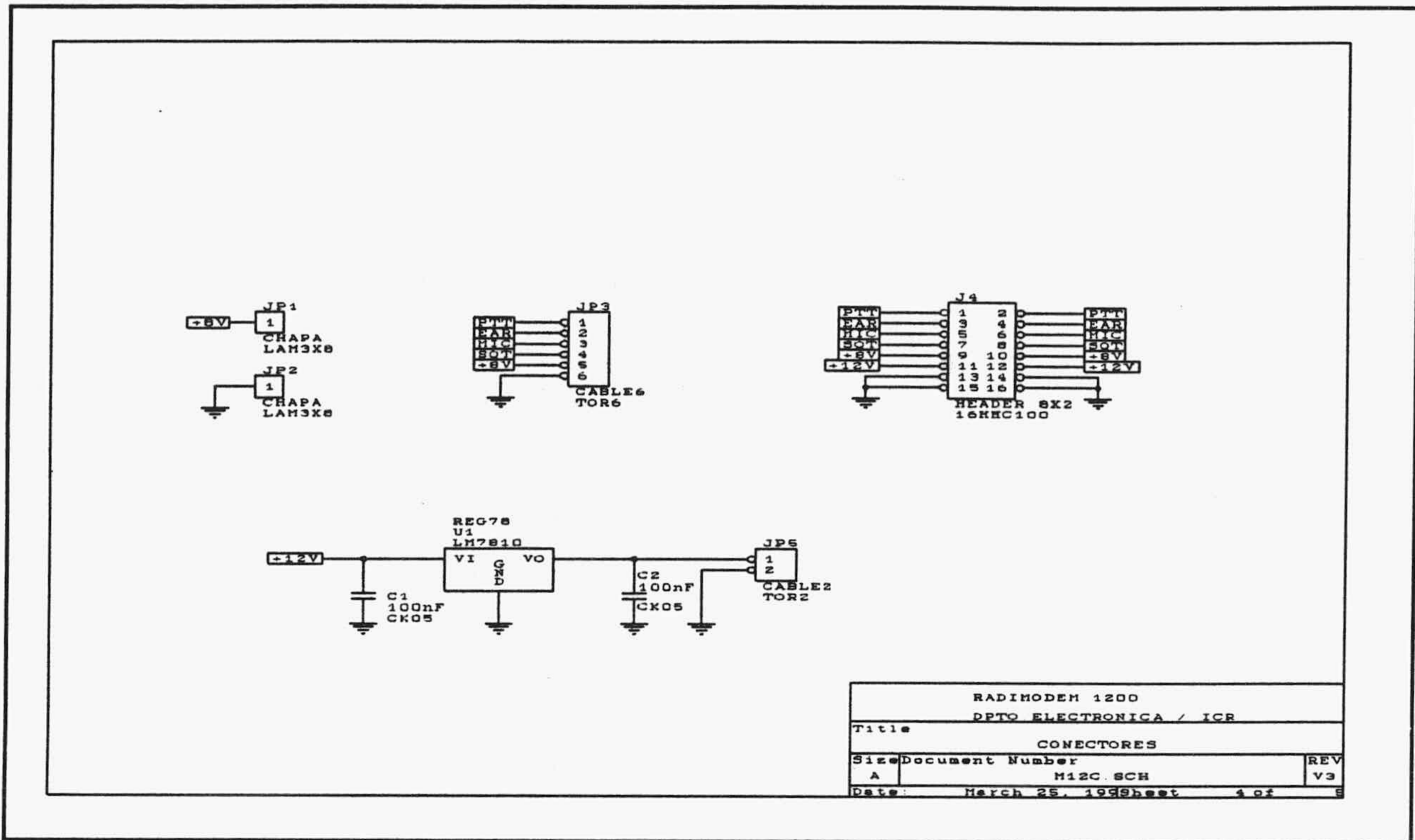


Figura B.25: Esquema de PLARADIO.

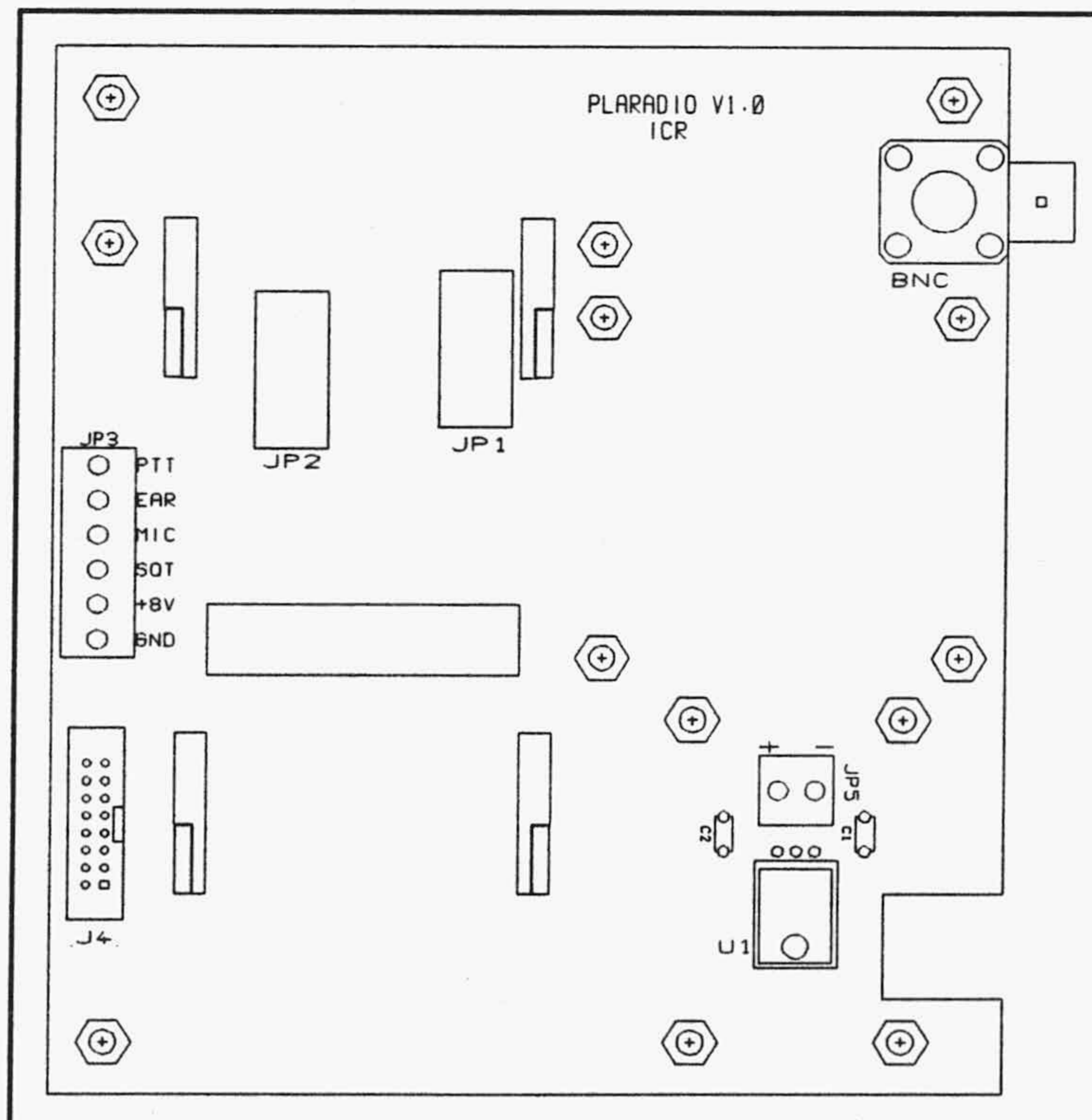


Figura B.26: Distribución de componentes de PLARADIO.

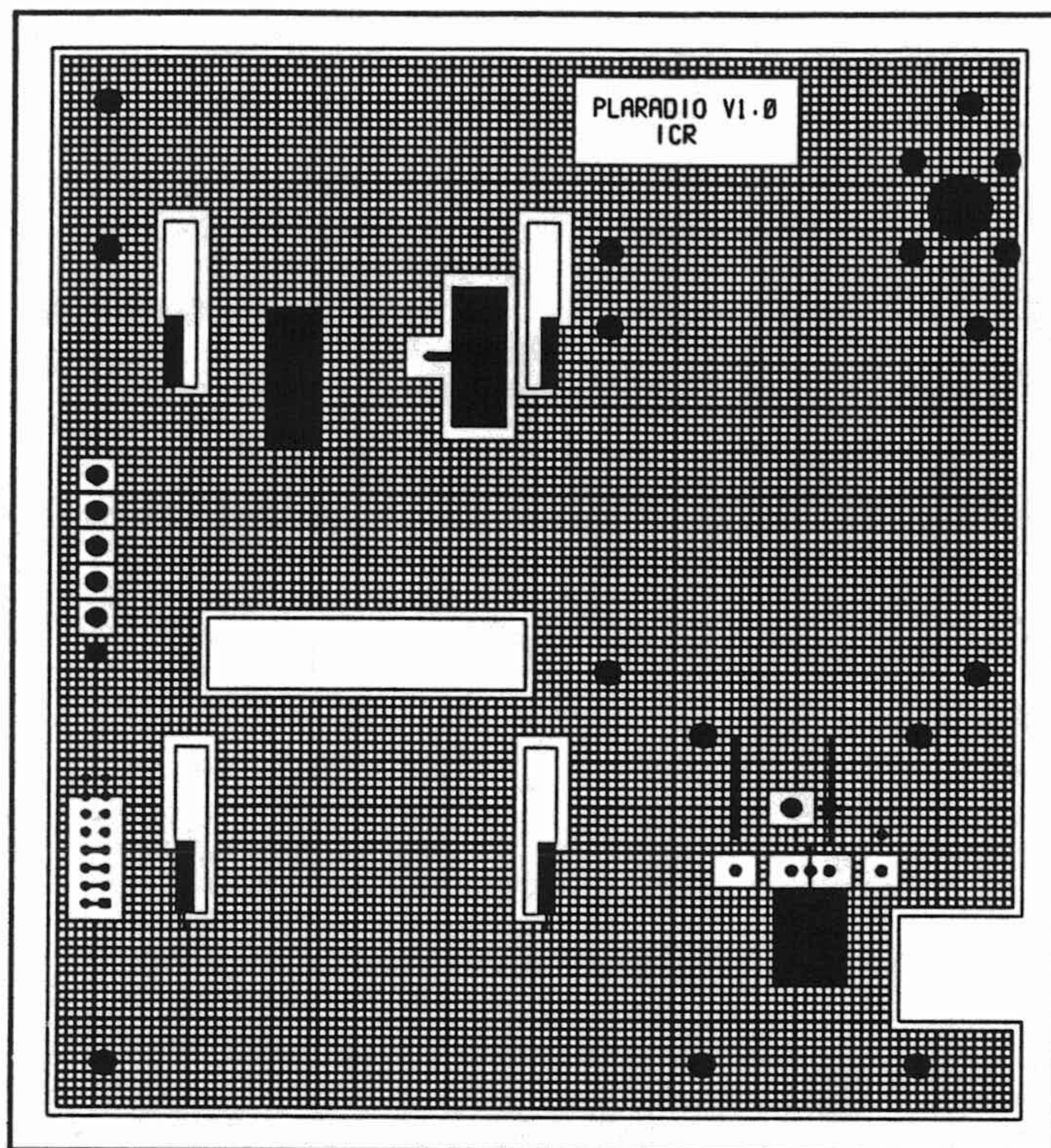


Figura B.27: L1 de PLARADIO.

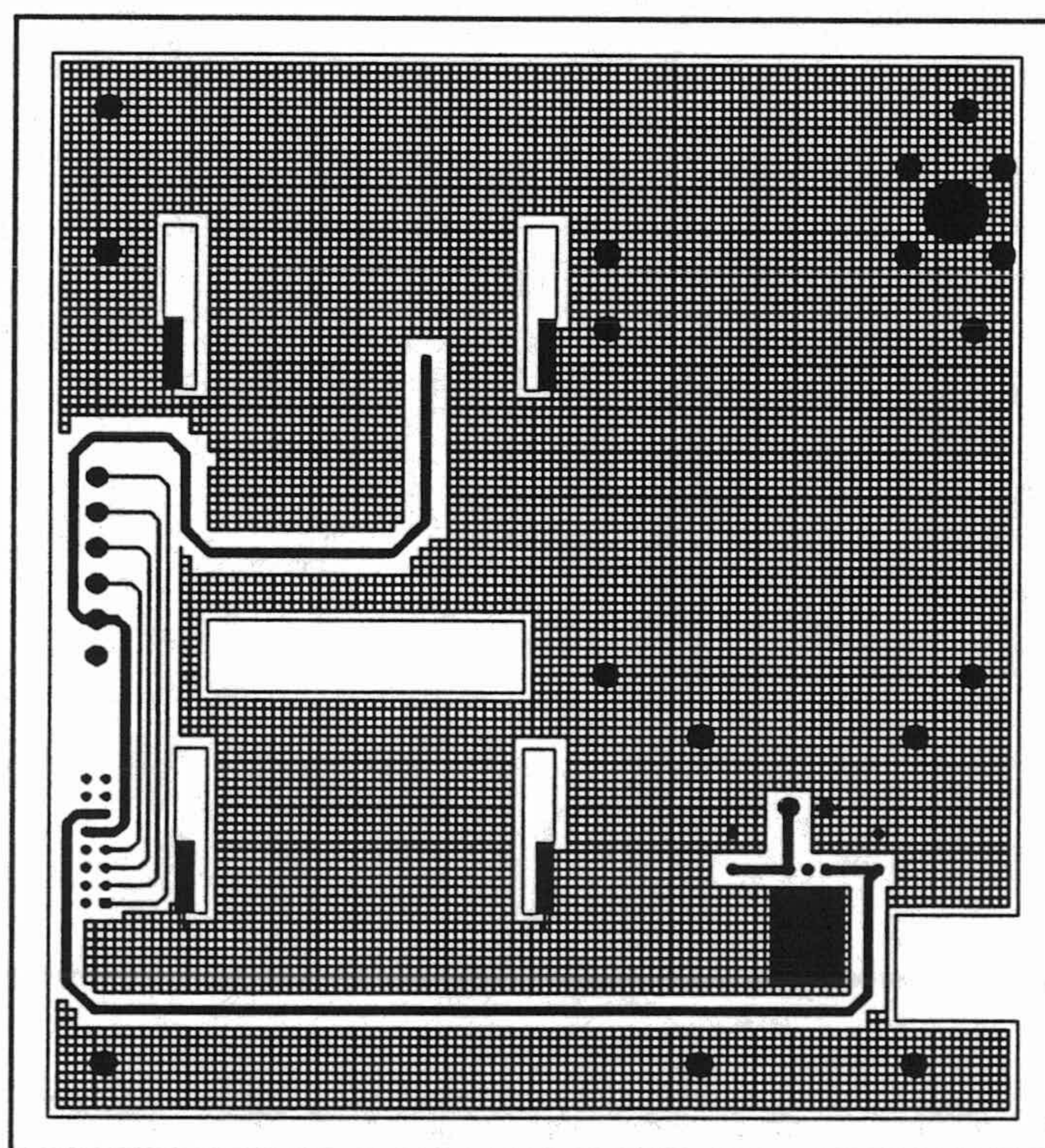


Figura B.28: L2 de PLARADIO.

Lista 8: Relación de componentes de PLARADIO.

TARJETA RADIO PLARADIO.SCH Lista de Materiales			Revisado: 9 de Febrero de 1993 Revisión: VI Página 1
Item	NU	Referencia	Componente
1	2	C1,C2	100nF
2	1	J4	8X2M Sold
3	2	JP1,JP2	Radio Motorola
4	1	JP3	
5	1	JP5	
6	1	U1	LM7810
7	1		Ventilador 6x6 cm, 12v
8	1		BNC H acodado 4xTor

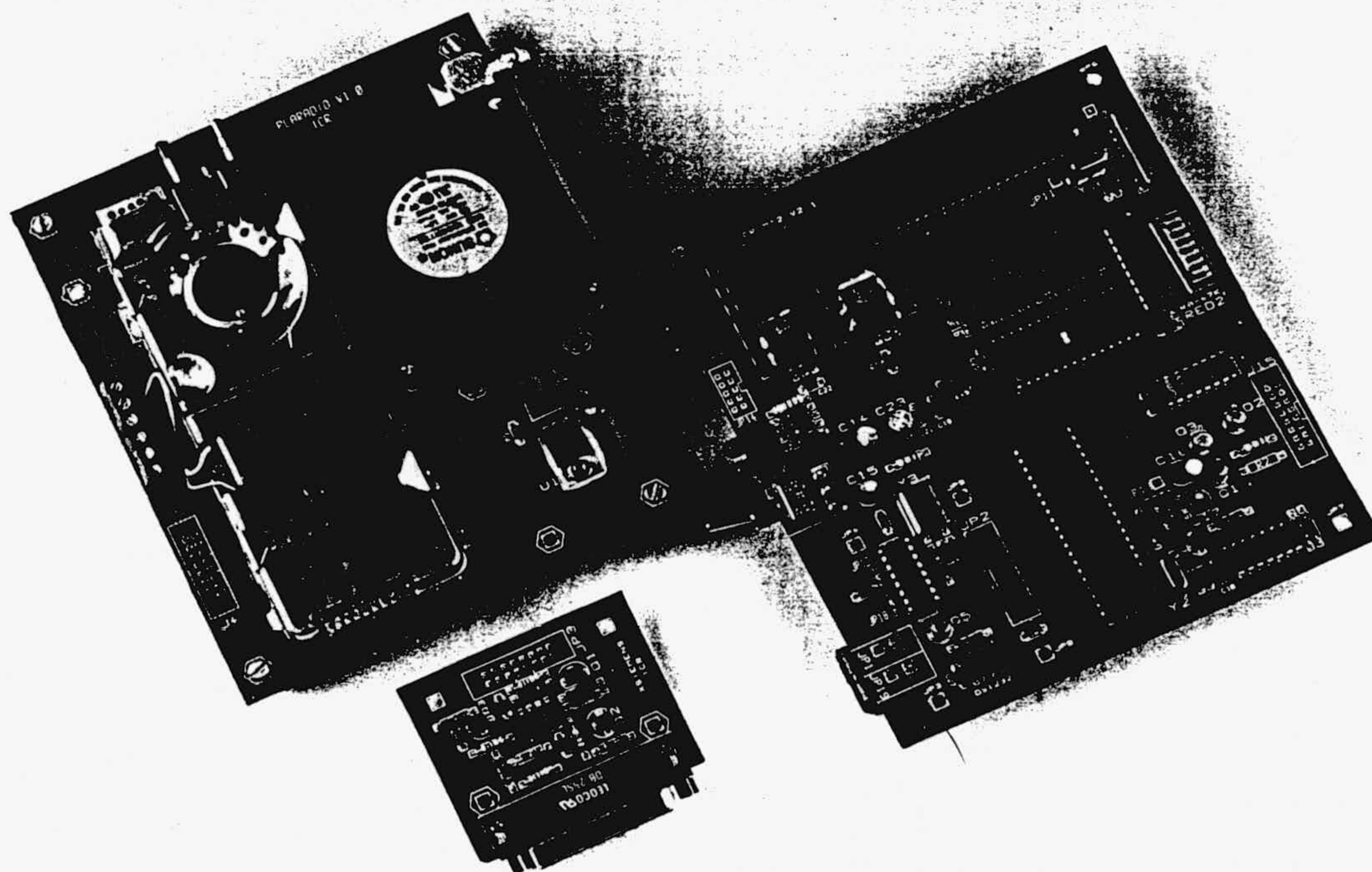


Figura 2.29: Fotografía de los módulos que componen el radiomodem.

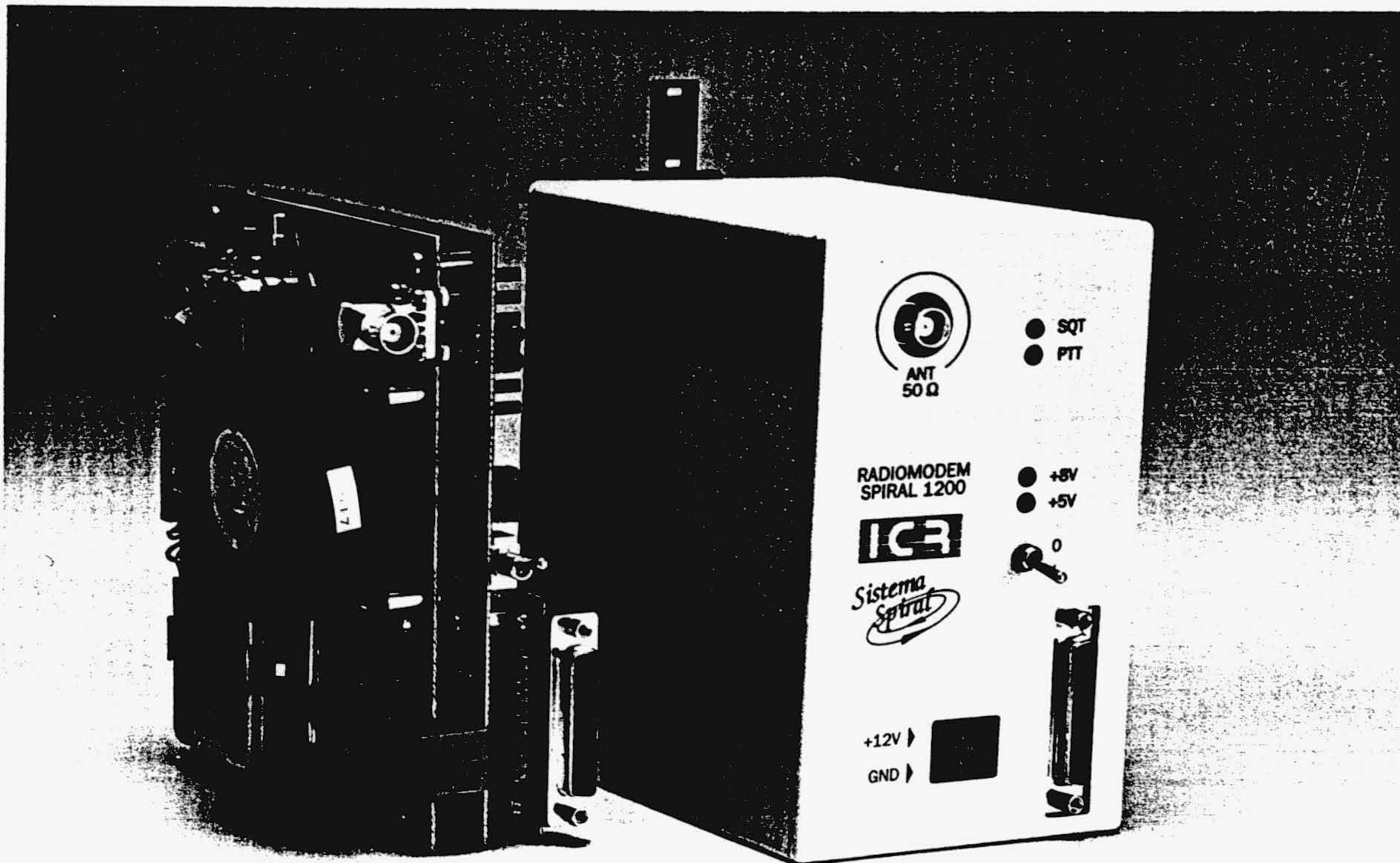


Figura 2.30: Fotografía del ensamblado del radiomodem.

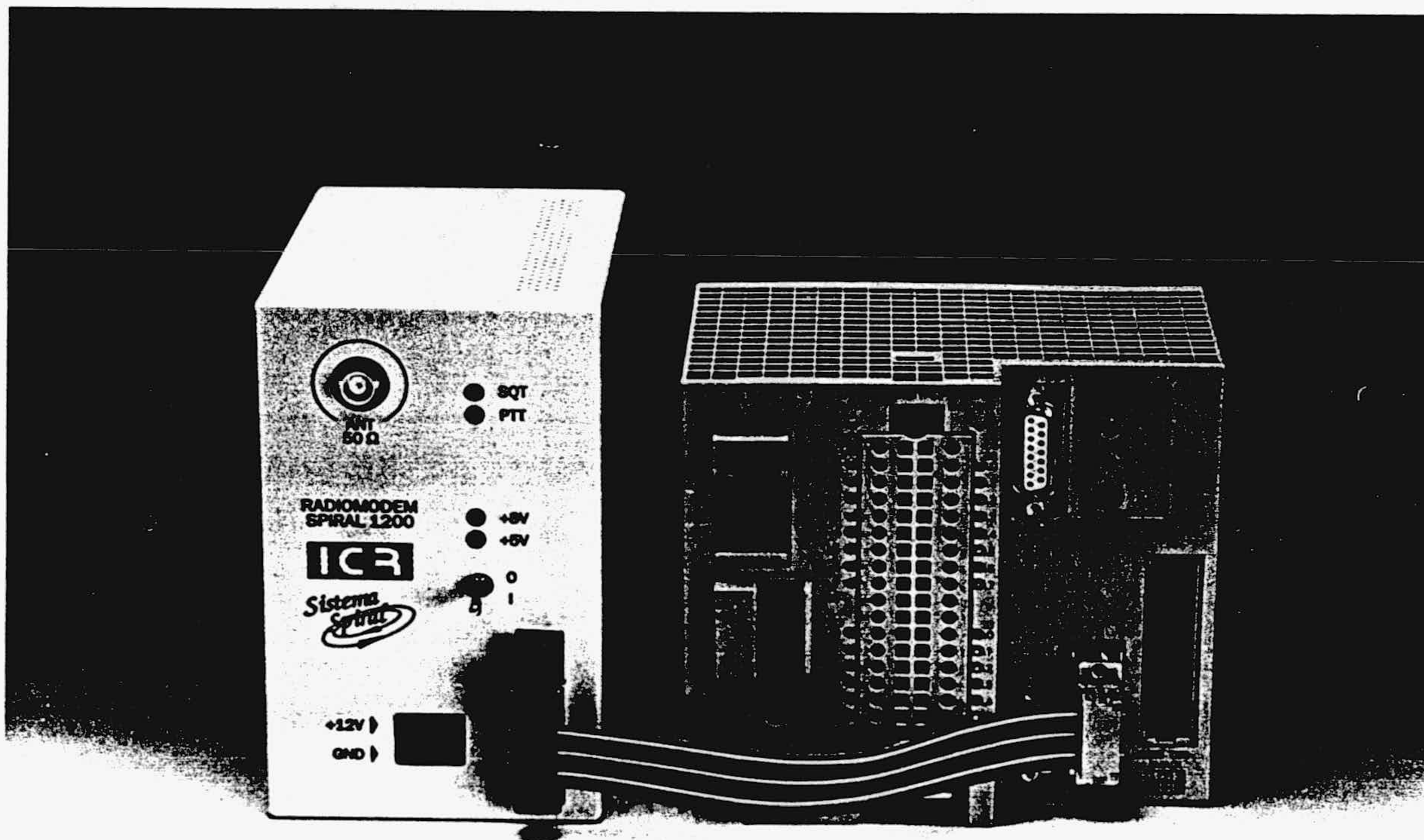


Figura 2.31: Fotografía de la conexión de un radiomodem Spiral 1200 a un PLC de SIEMENS.

Apéndice C.- Formato de los ficheros de configuración de la aplicación para el SCADA SPIRAL

<i>CAMPO</i>	<i>TIPO</i>	<i>LONGITUD</i> <i>(en octetos)</i>	<i>FUNCION</i>
<i>NOMVAR</i>	<i>Cadena</i>	<i>8</i>	<i>Nombre de variable</i>
<i>TIPOVAR</i>	<i>Entero</i>	<i>2</i>	<i>Tipo de variable</i>
<i>UNLOG</i>	<i>Entero</i>	<i>2</i>	<i>Unidad lógica</i>
<i>IDEST</i>	<i>Entero</i>	<i>2</i>	<i>Id.Estación</i>
<i>DIRVAR</i>	<i>Entero</i>	<i>2</i>	<i>Dirección de variable</i>
<i>BIT</i>	<i>Byte</i>	<i>1</i>	<i>Bit</i>

Tabla C.1: Formato del fichero de configuración de Variables (NombreAplicación.VAR).

CAMPO	TIPO	LONGITUD	FUNCION
TIP	Entero	2	Tipo de animado
PAN	Entero	2	Pantalla animada
VAR	Entero	2	Variable animada
XI	Entero	2	Coordenada x de r_1
YI	Entero	2	Coordenada y de r_1

Tabla C.2: Formato de los registros de animación. Para configurar la animación, el editor genera un fichero (NombreAplicación.ANI) formado por registros de longitud 64 octetos fija, uno para cada animado. El formato de estos registros es distinto para cada tipo de animación, pero los 5 primeros campos, representados en la tabla, son comunes a todas.

TIP	Tipo de animado	Observaciones
0	RELLENA	Rellena una zona de un color que depende del valor de la variable.
1	BARRA	Se genera una barra de longitud proporcional al valor de la variable.
2	AGUJA	La posición angular de una aguja rotatoria indica el valor de la variable.
3	SIMBOLO	Aparece un símbolo seleccionado en función del valor de la variable.
4	ROTULO	Aparece un texto seleccionado en función del valor de la variable.
5	TENDENCIA	Representa un gráfico de tendencias de una variable.
6	VALOR	Se representa el valor de la variable.
7	MOVIL	La posición de un símbolo en la pantalla se controla con dos variables.
8	TECLA	Asocia una ventana rectangular a una función de menú para ser seleccionada

Tabla C.3: Tipos de animados definidos. El campo TIP determina el tipo de animado, es decir, la forma con la que ha de ser representada la variable.

<i>CAMPO</i>	<i>TIPO</i>	<i>LONGITUD</i>	<i>FUNCION</i>
<i>COLT</i>	<i>Entero</i>	2	<i>Color para Cierto</i>
<i>COLF</i>	<i>Entero</i>	2	<i>Color para Falso</i>
<i>COLB</i>	<i>Entero</i>	2	<i>Color de borde</i>
-	-	48	<i>Reservados</i>

Tabla C.4: Animado del tipo RELLENA.

<i>CAMPO</i>	<i>TIPO</i>	<i>LONGITUD</i>	<i>FUNCION</i>
<i>X2</i>	<i>Entero</i>	2	<i>Coordenada X de r_2</i>
<i>Y2</i>	<i>Entero</i>	2	<i>Coordenada Y de r_2</i>
<i>LSUP</i>	<i>Real</i>	4	<i>Límite superior</i>
<i>LINF</i>	<i>Real</i>	4	<i>Límite inferior</i>
<i>COLOR</i>	<i>Entero</i>	2	<i>Color de barra</i>
-	-	40	<i>Reservados</i>

Tabla C.5: Animado del tipo BARRA.

<i>CAMPO</i>	<i>TIPO</i>	<i>LONGITUD</i>	<i>FUNCION</i>
<i>X2</i>	<i>Entero</i>	2	<i>Coordenada X de r_2</i>
<i>Y2</i>	<i>Entero</i>	2	<i>Coordenada Y de r_2</i>
<i>LSUP</i>	<i>Real</i>	4	<i>Límite superior</i>
<i>LINF</i>	<i>Real</i>	4	<i>Límite inferior</i>
<i>COLOR</i>	<i>Entero</i>	2	<i>Color de aguja</i>
-	-	40	<i>Reservados</i>

Tabla C.6: Animado del tipo AGUJA.

<i>CAMPO</i>	<i>TIPO</i>	<i>LONGITUD</i>	<i>FUNCION</i>
<i>X2</i>	<i>Entero</i>	<i>2</i>	<i>Coordenada X de r_2</i>
<i>Y2</i>	<i>Entero</i>	<i>2</i>	<i>Coordenada Y de r_2</i>
<i>LSUP</i>	<i>Real</i>	<i>4</i>	<i>Límite superior</i>
<i>LINF</i>	<i>Real</i>	<i>4</i>	<i>Límite inferior</i>
<i>COLOR</i>	<i>Entero</i>	<i>2</i>	<i>Color de línea</i>
<i>COLORf</i>	<i>Entero</i>	<i>2</i>	<i>Color de fondo</i>
<i>PMUES</i>	<i>Entero</i>	<i>2</i>	<i>Puntos por muestra</i>
<i>PERIODO</i>	<i>Entero</i>	<i>2</i>	<i>Período de muestreo</i>
<i>-</i>	<i>-</i>	<i>34</i>	<i>Reservados</i>

Tabla C.7: Animado del tipo TENDENCIA.

<i>CAMPO</i>	<i>TIPO</i>	<i>LONGITUD</i>	<i>FUNCION</i>
<i>SIMBT</i>	<i>Entero</i>	<i>2</i>	<i>Símbolo para Cierto</i>
<i>SIMBF</i>	<i>Entero</i>	<i>2</i>	<i>Símbolo para Falso</i>
<i>-</i>	<i>-</i>	<i>50</i>	<i>Reservados</i>

Tabla C.8: Animado del tipo SIMBOLO.

<i>CAMPO</i>	<i>TIPO</i>	<i>LONGITUD</i>	<i>FUNCION</i>
<i>TAM</i>	<i>Entero</i>	<i>2</i>	<i>Tamaño de letra</i>
<i>LONG</i>	<i>Entero</i>	<i>2</i>	<i>Número de caracteres</i>
<i>COLL</i>	<i>Entero</i>	<i>2</i>	<i>Color de letra</i>
<i>COLF</i>	<i>Entero</i>	<i>2</i>	<i>Color de fondo</i>
<i>DEC</i>	<i>Entero</i>	<i>2</i>	<i>Número de decimales</i>
<i>-</i>	<i>-</i>	<i>44</i>	<i>Reservados</i>

Tabla C.9: Animado del tipo VALOR.

<i>CAMPO</i>	<i>TIPO</i>	<i>LONGITUD</i>	<i>FUNCION</i>
<i>TEXTT</i>	<i>Cadena</i>	<i>18</i>	<i>Texto para Cierto</i>
<i>COLFT</i>	<i>Entero</i>	<i>2</i>	<i>Color fondo Cierto</i>
<i>COLLT</i>	<i>Entero</i>	<i>2</i>	<i>Color letra Cierto</i>
<i>TEXTF</i>	<i>Cadena</i>	<i>18</i>	<i>Texto para Falso</i>
<i>COLFF</i>	<i>Entero</i>	<i>2</i>	<i>Color fondo Falso</i>
<i>COLLF</i>	<i>Entero</i>	<i>2</i>	<i>Color letra Falso</i>
<i>TAM</i>	<i>Entero</i>	<i>2</i>	<i>Tamaño de letra</i>
<i>-</i>	<i>-</i>	<i>8</i>	<i>Reservados</i>

Tabla C.10: Animado del tipo ROTULO.

<i>CAMPO</i>	<i>TIPO</i>	<i>LONGITUD</i>	<i>FUNCION</i>
<i>NOMMENU</i>	<i>Cadena</i>	<i>12</i>	<i>Nombre del menú</i>
<i>OPCION1</i>	<i>Opción</i>	<i>40</i>	<i>Descripción de opción</i>
<i>OPCION2</i>	<i>"</i>	<i>40</i>	<i>"</i>
<i>.</i>	<i>.</i>	<i>.</i>	<i>.</i>
<i>.</i>	<i>.</i>	<i>.</i>	<i>.</i>
<i>.</i>	<i>.</i>	<i>.</i>	<i>.</i>
<i>OPCION9</i>	<i>"</i>	<i>40</i>	<i>"</i>
<i>OPCION10</i>	<i>"</i>	<i>40</i>	<i>"</i>

Tabla C.11: Formato del fichero de configuración de MENUS (NombreAplicación.MEN).

<i>SUBCAMPO</i>	<i>TIPO</i>	<i>LONGITUD</i>	<i>FUNCION</i>
<i>NOMOP</i>	<i>Cadena</i>	<i>12</i>	<i>Nombre de opción</i>
<i>TIPOOP</i>	<i>Entero</i>	<i>2</i>	<i>Tipo de opción</i>
<i>PARAM</i>	<i>Cadena</i>	<i>26</i>	<i>Parámetros</i>

Tabla C.12: Formato de las opciones de MENUS. Cada uno de los campos de opción contiene una serie de subcampos que determinan las acciones asociadas a la opción, y el nombre identificador de la opción en el menú.

<i>TIPOOP</i>	<i>ACCION</i>
1	<i>Cambiar Pantalla</i>
2	<i>Cambiar menú</i>
3	<i>Forzar variable</i>
4	<i>Rampa</i>
5	<i>Entrar por teclado</i>
6	<i>Salir</i>

Tabla C.13: Tipos de opciones definidas. El subcampo TIPOOP determina que tipo de acciones quedan asociadas a la ejecución de la opción.

<i>CAMPO</i>	<i>TIPO</i>	<i>LONGITUD</i>	<i>FUNCION</i>
<i>VARI</i>	<i>Entero</i>	2	<i>Variable</i>
<i>PERI</i>	<i>Entero</i>	2	<i>Período de registro</i>

Tabla C.14: Formato de la configuración de REGISTRO PERIODICO de variables (NombreAplicación.REG).

<i>CAMPO</i>	<i>TIPO</i>	<i>LONGITUD</i>	<i>FUNCION</i>
<i>NIVEL</i>	<i>Entero</i>	2	<i>Nivel de alarma</i>
<i>VARI</i>	<i>Entero</i>	2	<i>Variable</i>
<i>TEXTO</i>	<i>Cadena</i>	45	<i>Mensaje de alarma</i>
<i>AYUDA_1</i>	<i>Cadena</i>	72	<i>Línea 1 de ayuda</i>
<i>AYUDA_2</i>	<i>Cadena</i>	72	<i>Línea 2 de ayuda</i>
<i>AYUDA_3</i>	<i>Cadena</i>	72	<i>Línea 3 de ayuda</i>

Tabla C.15: Formato de la configuración de ALARMAS (NombreAplicación.EVE).

Apéndice D.- ACRONIMOS

ANSI (*American National Standards Institute*). Instituto Nacional Americano de Normalización, miembro de ISO.

ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*). Código ANSI normalizado para el intercambio de información.

ASM (*Algorithm State Machines*). Máquinas de estado algorítmicas.

CAD (*Computer Aided Design*). Diseño asistido por computador.

CAM (*Computer Aided Manufacturing*). Fabricación asistida por computador.

CAPP (*Computer Aided Process Planning*). Planificación de procesos asistida por ordenador.

CAQ (*Computer Aided Quality Assurance*). Control de calidad asistido por computador.

CCITT (*Consultative Committee on International Telegraph and Telephone*). Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía. Organismo internacional encargado de establecer recomendaciones referentes a las telecomunicaciones.

CIM (*Computer Integrated Manufacturing*). Fabricación integrada por computador.

CPU (*Central Process Unit*). Unidad de proceso central de un computador.

CSMA (*Carrier Sense Multiple Access*). Acceso múltiple por detección de portadora.

CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*). Acceso múltiple por detección de portadora, con detección de colisiones).

DACIA (*Dual Asynchronous Communication Interface Adapter*). Doble adaptador de interfaz de comunicación asíncrona.

DCE (*Data Communication Equipment*). Equipo de comunicación de datos.

DFD (*Data Flow Diagram*). Diagrama de flujo de datos.

DSE (*Data Switch Equipment*). Equipo de conmutación de datos.

DTE (*Data Terminal Equipment*). Equipo terminal de datos.

EDAR. Estación Depuradora de Aguas Residuales.

EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*). Memoria de solo lectura, programable y borrable eléctricamente.

EIA (*Electronic Industries Association*). Comité ANSI de normalización en electrónica industrial.

EPROM (*Erasable Programmable Read Only Memory*). Memoria de solo lectura programable, borrable con radiación ultravioleta.

ETAP. Estación de Tratamiento de Agua Potable.

FIFO (*First Input First Output*). Cola de memoria en la que el primer dato en entrar es el primero en salir.

FIP (*Factory Information Protocol*). Bus de campo empleado por fabricantes franceses y que está siendo adoptado, junto al PROFIBUS alemán, como base para el futuro bus de campo normalizado europeo.

FSK (*Frequency Shift Keying*). Modulación por desplazamiento de la frecuencia.

ISA (*Instruments Society of America*).

ISO (*International Standards Organization*). Organismo internacional para la coordinación de trabajos de normalización.

ISP (*InterOperable Systems Project*). Grupo de trabajo creado por diversos fabricantes para la definición del futuro bus de campo normalizado europeo.

LAN (*Local Area Network*). Red de área local.

LED (*Light Emitter Diode*). Diodo emisor de luz.

LLC (*Logical Link Control*). Control de enlace lógico. Subcapa de la capa de Enlace de Datos del RM-OSI, a propuesta del comité IEEE 802.

MAC (*Medium Access Control*) Control de acceso al medio. Subcapa de la capa de Enlace de Datos del RM-OSI, a propuesta del comité IEEE 802.

MAP (*Manufacturing Automation Protocols*). Protocolos de Fabricación Automatizada.

MHC (*Main Host Computer*). Computador principal.

MMI (*Man-Machine Interface*). Interfaz Hombre-Maquina.

OSI (*Open Systems Interconnection*). Interconexión de Sistemas Abiertos

PCSPC. Protocolo de Comunicación SPIRAL para la capa de Control.

PCSPR. Protocolo de Comunicación SPIRAL para la capa de Enlace-Red.

PID, control. Control Proporcional Integral Derivativo.

PLC (*Programmable Logic Controller*). Controlador Lógico Programable. También es conocido como "Autómata Programable"

PROFIBUS (*Process Fieldbus*). Bus de campo empleado por fabricantes alemanes y que está siendo adoptado, junto al FIP francés, como base para el futuro bus de campo normalizado europeo.

RAM (*Random Access Memory*). Memoria de Acceso Aleatorio.

RS-232.

RS-485.

SCADA (*Supervision Control And Data Acquisition*). Control de Supervisión y Adquisición de Datos. Se suele utilizar como denominación genérica de los programas de control se supervisión.

TOP (*Technical and Office Protocols*). Protocolos de gestión que cubren los requerimientos correspondientes al nivel superior de la pirámide CIM.

TTL (*Transistor-Transistor Logic*). Lógica transistor/transistor.

UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*). Transmisor/Receptor para comunicaciones serie asíncronas.

VGA (*Video Graphics Adapter*). Tarjeta normalizada de video para gráficos.

VIA (*Versatil Interface Adapter*). Adaptador de interfaz de MOTOROLA.

WS (*Work Station*). Estación de trabajo.

BIBLIOGRAFIA

[Alc 92] Alcober, X.: "*Comunicaciones digitales vía radio bus de campo*". *Automática e Instrumentación*, No 224, pp 72-74, Junio 1992.

[Ale 88] Ale, R.; Cuellar, F.: "*Teleinformática*". McGraw-Hill. Madrid, 1988.

[Arn 79] Arnold, J.T.: "*Simplified Digital Automation with Microprocessors*". Academic Press, New York, 1979.

[AUT 88] AUTOMATICA E INSTRUMENTACION.: "*Autómatas programables con E/S en red local y conexión a PC*". No 178, pp 125-127. Marzo 1988.

[AUT 92] AUTOMATICA E INSTRUMENTACION: "*FIP, un fieldbus representativo*". No 228, pp 86-92. Noviembre 1992.

[Ayz 92] Ayza, J.: "*Qué sistema operativo elegir en informática industrial*". *Automática e Instrumentación*, No 228, pp 63-65, Nov. 1992.

[Ban 91] Banister, B.R.; Whitehead, D.G.: "*Instrumentation. Transducers and Interfacing*", New Ed. Chapman & Hall. London, 1991.

[Bar 88] Barney, G.C.: "*Intelligent Instrumentations: Microprocessor applications in measurement and control*". Prentice Hall. Englewood Cliffs, New Jersey, 1988.

[Bel 89] Beltrão, J.A.; Sauvé, J.Ph.; Ferreira, W.; Marinho, J.F.: "*Redes locales de computadoras*". McGraw-Hill. Madrid, 1989.

[Ben 88] Bennett, S.: *"Real-Time Computer Control: An Introduction"*. Prentice Hall Int (UK). London 1988.

[Bol 88] Bollinger, J.G.; Duffie.: *"Computer Control of Machines and Processes"*. Addison-Wesley. Massachusetts, 1988.

[Boo 86] Booth, D.R.; Robinson, G.H.; Murray, N.S.; Watson, W.; Anderson, N.J.; Crewe, A.: *"A multi-level telecontrol system for transmission and distribution control"*. Proc. of International Conference on Large High Voltage Electric Systems, 2: 35.01/1-8, Paris, France, 27 Aug. - 4 Sept. 1986.

[BUR 87] BURR-BROWN.: *"The Handbook of Linear IC Applications"*. 1987.

[BUR 90] BURR-BROWN.: *"Integrated circuits data book supplement"*. 1990.

[Bzu 89] Bzura, J.J.: *"Radio control of water heaters in Rhode Island"*. IEEE Trans. Power Syst., 4(1):26-29, 1989.

[Cam 91] Campbell, J.: *"Comunicaciones serie. Guia de referencia del programador en C"*. Anaya Multimedia. Madrid, 1991.

[Can 88] Cannon, D.L.; Luecke, G.: *"A fondo: Sistemas de comunicación"*. Anaya Multimedia. Madrid, 1988.

[Car 88] Carden, O.R.: *"Distributed control optimizes wastewater reuse"*. Intech, 35(10): 52-55, 1988.

[Cha 88] Chandler, A.: *"Advanced Software engineering for operational management systems"*. Telemetry UK'88. 2nd International Conference. (Chislehurst, UK: SIRA) London, UK, 26-28, April 1988.

[Cla 72] Clavier, J.; Niquil, M.; Coffinet, G.; Behr, F.: *"Théorie et technique de la transmission des données"*. Masson et Cie. Paris, 1972.

[Clu 85] Cluley, J.C.: *"Transducers for microprocessor systems"*. Macmillan. Hong Kong, 1985.

[Cóm 89] Cómas, J.: *"Equipos y sistemas de control distribuido"*. *Automática e Instrumentación*, No 197, pp 163-176, Dic. 1989.

[Coo 91] Cooling, J.E.: *"Software Design for Real-Time Systems"*. Chapman and Hall. 1991.

[DAL 88] DALAS SEMICONDUCTOR.: *"Product data book"*. 1988.

[Dav 98] Davidson, R.; Metz, R.; y Beverly, A.: *"Choosings network for local industrial control"*. *EDN*, Noviembre 1988

[Del 88] Dell'era, V.: *"Remote operations distributed control system"*. *Electron. Oggi*. 5: 99-103, 1988.

[Din 87] Dineen, P.M.: *"Customiced networking for a programmable controller based telemetering application"*. Proc. of the 3rd Annual Cannadian Programmable Control Conference, pp. 10A3.1/1-3. Hamilton, Canada 10-11, Nov. 1987.

[Els 88] Elsenhans, K.: *"Modern process control for a water treatment plant"*. *ABB Rev.*, 2: 29-32, 1988.

[Fue 92] Fuertes, J.M.: *"Comunicaciones Industriales"*. *Automática e Instrumentación*, No 228, pp 79-85, Nov. 1992.

[Fue 93] Fuertes, J.M.; Maier, A.: *"El MMS funciona"*. *Automática e Instrumentación*, No 231, pp 45-47, Feb. 1993.

[Gal 88] Gallant, J.: *"Single-IC modems"*. EDN, pp 119-128, Abril 1988.

[Gal 89] Gallego, M.I.; Solé, J.: *"Interconexión de equipos informáticos: dispositivos para comunicaciones remotas"*. Automática e Instrumentación. No 197, pp 143-153. Dic, 1989.

[Gal 79] Galván, J.: *"Telemando y Telemetria"*. Aplicaciones industriales. Electrónica y Automatica Industriales, pp 605-636. Marcombo. Barcelona, 1979.

[Gar 89] García, J.: *"Control de tráfico: tecnología y posibilidades futuras"*. Automática e Instrumentación. No 190, pp 149-155. Abril 1989.

[Gar 79] Garland, H.: *"Introduction to microprocessor system design"*. MacGraw Hill, Tokyo, 1979.

[Góm 91] Gómez, F.; Olivares, G.; Prieto, A.; y Gazquéz, J.A.: *"SPIRAL: a microprocessor-based telemetry and telecontrol system"*. Microcomputer Applications, Vol. 10, No 1, pp 22-28, 1991.

[Gon 92] González, M.: *"Modems. Todo sobre comunicaciones"*. Paraninfo. Madrid, 1992.

[GTE 83] GTE MICROCIRCUITS.: *"Data Book"*. 1983.

[Gut 89] Gutiérrez, F.: *"La hora de la automatización en las plantas depuradoras"*. Automática e Instrumentación. No 190, pp 99-105. Abril 1989.

[Hal 83] Hall, D.V.: *"Microprocessor and digital systems"*. 2nd Ed, McGraw Hill, Singapore, 1983.

[HEW 82/1] HEWLETT PACKARD.: *"Optoelectronics Designer's Catalog"*. 1982.

[HEW 82/2] HEWLETT PACKARD.: *"Digital Data Transmission Using Optically Coupled Isolators"*. 1982.

[Hop 89] Hopper, A.; Temple, S.; y Williamson, R.: *"Diseño de redes locales"*. Addison-Wesley Iberoamericana, México, D.F., 1989.

[Hue 89] Huertas, A. Lázaro, C.: *"Buses de campo. Estado de la tecnología"*. Automática e Instrumentación. No 187, pp 141-155. Enero 1989.

[Hui 92] Huidobro, J.M.: *"Comunicaciones de Empresa"*. Paraninfo. Madrid, 1992.

[Hui 93] Huidobro, J.M.: *"Sistemas de comunicaciones"*. Paraninfo. Madrid, 1993.

[Jan 88] Jansen, J.; Karbacher, N.: *"The master telemetry controller - a powerful and modular microcomputer system for control system"*. Energy Autom., 10(1): 26-29, 1988.

[Lap 92] Laplante, Ph.A.: *"Real-Time Systems design and analysis. An engineer's handbook"*. IEEE Press. New York, 1992.

[Law 88] Lawrence, P.; Mauch, K.: *"Real-time Microcomputer System Design"*. McGraw-Hill. New York, 1988.

[Láz 89] Lázaro, C.: *"Sistemas de comunicación industrial Ikernet-Ikerbus"*. Automática e Instrumentación. No 191, pp 171-180. Junio 1989.

[Leo 92] Leonard, M.: *"Wireless Data Links Broaden Lan Options"*. Electronic Design, pp 52-58. Marzo, 1992.

[Lev 81] Leventhal, L.A.: *"6809 assembly language programming"*. 1981.

[Lox 93] Loxton, R.; Pope, P. (Ed).: *"Instrumentation - A reader"*. Chapman & Hall. London, 1993.

[Mac 83] Macari, L.: *"RS-232 to current loop serial interfacing"*. Wireless World, pp 64-66, Febrero 1983.

[Mat 90] Matthews, P.R.: "*Communications in process control*". Instrumentation: A reader. R.Loxon & P.Pope, Ed. pp 151-170, Chapman & Hall, London, 1990.

[MAX 89] MAXIM.: "*Integrated Circuits Data Book*". 1989.

[Med 93] Medcalf, J.E.: "*Proyecto ISP: acelerar la aparición del fieldbus*". Automática e Instrumentación, No 233, pp 42-45, Abril 1993.

[Men 88] Menascé, D.A.; Schwabe, D.: "*Redes de computadores. Aspectos técnicos y operacionales*". Paraninfo. Madrid, 1988.

[Mon 85] Money, S.A.: "*Microprocessors in instrumentation and control*". Collins. London, 1985.

[MOT 85] MOTOROLA SEMICONDUCTORS.: "*8-bit Microprocessor and Peripheral Data*". 1985.

[NAT 82] NATIONAL SEMICONTUCTOR.: "*Linear Databook*". 1982.

[NAT 88] NATIONAL SEMICONDUCTOR.: "*Interface Databook*". 1988.

[NAT 89] NATIONAL SEMICONDUCTOR.: "*Data Acquisition Linear Devices Databook*". 1989.

[Pal 89] Pallás, R.: "*Transductores y acondicionadores de señal*". Marcombo. Barcelona, 1989.

[Pan 72] Panter, Ph.F.: "*Comunication systems design*". McGraw-Hill. New York, 1972.

[Par 88] Paredes, P.: "*Autómatas programables. Panorámica actual*". Automática e Instrumentación. No 185, pp 183-205. Noviembre 1988.

[Par 89] Paredes, P.: *"Sistemas SCADA basados en autómatas programables y ordenadores personales"*. Automática e Instrumentación. No 196, pp 159-167. Noviembre 1989.

[Pri 87] Prieto, A.; Lloris, A.; Torres, J.C.: *"Introducción a la Informática"*. McGraw-Hill, 1987.

[Puj 85] Pujolle, G.: *"Telemática"*. Paraninfo. Madrid, 1985.

[Ree 88] Reeve, A.: *"Not a drop to spare - water treatment and supply"*. Control Instrum., 20(8): 42-45, 1988.

[Rey 89] Reyero, R.: *"El ordenador personal como herramienta integrada en el control de procesos continuos y discretos"*. Automática e Instrumentación. No 193, pp 135-144. Julio 1989.

[ROC 89] ROCKWELL INTERNATIONAL.: *"Communication products data book"*. 1989.

[Rui 89] Ruiz, X.; Mendarozqueta, J.A.: *"Telemedida automática para abonados de baja tensión"*. Automática e Instrumentación. No 195, pp 121-123. Octubre 1989.

[Sch 92] Scholz, B.: *"CIM Interfaces. Concepts, Standards and problems of Interfaces in Computer-Integrated Manufacturing"*. Chapman & Hall. London 1992.

[Sch 89] Schwaier, A.: *"The way to open system interconnection in industrial automation"*. Hardware and Software for Real Time Process Control, pp 189-195. J.Zalewski and W.Ehrenberger (Editors), Elsevier Science Publishers B.V. (North-Holland), 1989.

[Sei 88] Seippel, R.G.: *"Transducer Interfacing"*. Prentice Hall. Englewood Cliffs, New Jersey, 1988.

[SHA 88] SHARP.: *"Photocouplers"*. 1988.

[SIL 89] SILICON SYSTEMS.: *"Communications Products Data Book"*. 1989.

[SIP 90] SIPEX.: *"Line Interface Products RS-232/RS-422"*. 1990.

[Sos 89] Sosnowski, J.: *"Transient fault tolerance in microprocessor controllers"*. Hardware and Software for Real Time Process Control, pp 189-195. J.Zalewski and W.Ehrenberger (Editors), Elsevier Science Publishers B.V. (North-Holland), 1989.

[Sor 88] Soriano, A.: *"Sistema de adquisición de datos y control distribuido"*. Automática e Instrumentación. No 186, pp 91-95. Diciembre 1988.

[Sor 89] Soriano, A.: *"Autómatas programables frente a computadores personales en sistemas de control"*. Automática e Instrumentación. N 196, pp 177-186. Noviembre 1989.

[SYN 82] SYNERTEK.: *"Data Catalog"*. 1982.

[Tan 88] Tanenbaum, A.S.: *"Computer Networks"*. 2nd Ed., Prentice Hall. Englewood Cliffs, New Jersey, 1988.

[TEX 86] TEXAS INSTRUMENTS.: *"Linear and interface circuits Product applications"*. 1986.

[TEX 87] TEXAS INSTRUMENTS.: *"Interface circuits Data book"*. 1987.

[TEX 89] TEXAS INSTRUMENTS.: *"Linear circuits Data book"*. 1989.

[Tie 91] Tien, T.: *"Design and measurement in electronic engineering"*. John Wiley & Sons. Chichester, England, 1991.

[Tor 87] Torre, M.: *"Métodos modernos de aislamiento en conversión A/D"*. Mundo Electrónico, No 171, pp 99-102. 1987.

[Váz 89] Vázquez, R.: "*Control en tiempo real para sistemas de saneamiento urbano*". Automática e Instrumentación. No 190, pp 107-112. Abril 1989.

[Wil 89] Williams, A.B.: "*Circuitos lógicos y conversión de A/D y D/A*". Mc Graw Hill. México, 1989.

[Won 91] Wong, J.: "*Low-Cost Iso Amp Has High Precision*". Electronic Design. pp 125, Septiembre 1991.

[Wub 89] Wubin, L.: "*Dedicated communication networks for power systems*". Autom. Electr. Power Syst., 4(1): 26-29, 1989.

[Zal 89] Zalewski, J.; Ehrenberger, W., (Ed).: "*Hardware and software for real time process control*". North-Holland. Amsterdam, 1989.