



***Trabajo final presentado  
en opción al Título de  
Máster en Automática***

Autor: Rodolfo Alvarez Molina

Tutores: Dr. Rafael Arturo Trujillo Codornú

MSc. Luisa Villafruela Loperena

**Santiago de Cuba**

**2022**



**UNIVERSIDAD  
DE ORIENTE**

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Departamento de Ingeniería Automática

*Trabajo final presentado  
en opción al Título de  
Master en Automática*

Título: Supervisión con el SCADA EROS sobre  
plataforma de radios Trunking

Autor: Ing. Rodolfo Alvarez Molina

Tutores: Dr. Rafael Arturo Trujillo Codornú

MSc. Luisa Villafruela Loperena

*Pensamiento*

*"No fortifica la educación si no es continua y  
constante"*

*José Martí Pérez*

*O. C. Tomo 6, pág. 260*

*Dedicatoria*

A mi esposa e hijos.

A mis familiares.

A mi colectivo de trabajo.

## *Agradecimientos*

Al colectivo de trabajo por el camino recorrido juntos durante tantos años.

## *Resumen*

Con la Revolución Energética en el país comenzó la generación distribuida mediante Baterías y Grupos Electrónicos Aislados (B-GEA) surgiendo la necesidad de transmitir los datos de la energía generada hasta los Despachos Provinciales y el Nacional de Carga (DNC), trabajo que se coordinó entre la UNE y SERCONI. Para lograr dicha transmisión, fue necesario desarrollar el protocolo de comunicación MAP27, el programa Productor y el driver Consumidor, que permiten crear un sistema de transmisión utilizando radio Trunking y el SCADA EROS. El desarrollo del protocolo MAP27 se logra con la aplicación de herramientas gráficas basadas en los diagramas de estado UML y C++ para generar la librería "map27.dll" y la implementación del software para cada una de las capas. A su vez, el Productor es una aplicación en Delphi que toma los datos del SCADA EROS y los envía por Trunking hacia el Consumidor, en ella se configuran todos los aspectos de la comunicación y los métodos de envío de las variables para el acceso a la red. El Consumidor se logra mediante la programación de un driver en Delphi que toma los datos desde la red de los distintos productores configurados y los incorpora al SCADA EROS. Una vez realizadas la implementación y las pruebas, se logró el objetivo propuesto: un Sistema de transmisión de datos desde todas las B-GEA a un bajo costo, una información confiable de la generación distribuida en tiempo real de inestimable valor para la toma de decisiones tanto en el DNC como en los Despachos Provinciales y la disminución del tiempo de actuación ante situaciones de emergencia o averías.

## *Abstract*

With the Energy Revolution in the country, distributed generation began through Batteries and Isolated Group (B-GEA) generators, the need arose to transmit the data of the energy generated to the Provincial Offices and the National Charge Office (DNC), work that was coordinated between the UNE and SERCONI. To achieve this transmission, it was necessary to develop the MAP27 communication protocol, the Producer program and the Consumer driver, which allow creating a transmission system using radio Trunking and SCADA EROS. The development of the MAP27 protocol is achieved with the application of graphic tools based on the UML and C ++ state diagrams to generate the "map27.dll" library and the software implementation for each of the layers. In turn, the Producer is an application in Delphi that takes the data from the SCADA EROS and sends them by Trunking to the Consumer, in it all aspects of communication and the methods of sending the variables are configured for access to the network. The Consumer is achieved by programming a driver in Delphi that takes the data from the network of the different configured producers and incorporates them into the SCADA EROS. Once the implementation and the tests have been carried out, the proposed objective is achieved, a data transmission system from all B-GEA at a low cost, reliable information of the distributed generation in real time of inestimable value for the taking of decisions both in the DNC and in the Provincial Offices and the reduction of the time of action in emergency situations or breakdowns.

# **Índice**

**Pág.**

Lista de símbolos, términos especiales y abreviaturas

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO</b> .....	4
1.1 Caracterización del sistema trunking .....	4
1.1.1 Antecedentes y evolución del sistema trunking .....	4
1.1.2 Caracterización del sistema trunking en cuba .....	6
1.2 Caracterización del protocolo MAP27 .....	6
1.2.1 Interfase física .....	7
1.2.2 Protocolo de enlace de datos .....	8
1.2.3 Protocolo de red .....	14
1.3 Utilización de radios trunking en la actualidad .....	15
1.4 Caracterización del scada eros.....	18
1.5 Breve descripción del proceso de desarrollo de software.....	20
<b>CAPÍTULO 2. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y MONITOREO CON PLATAFORMA DE RADIOS TRUNKING</b> .....	22
2.1 Arquitectura del sistema propuesto. modelo productor consumidor .....	22
2.2 Requisitos del sistema .....	23
2.3 Interfaz para el manejo del protocolo MAP27 .....	24

2.4 Prototipo del programa productor .....	29
2.4.1 Programa productor. Menú aplicación .....	30
2.4.2 Programa productor. Menú seleccionar .....	30
2.4.3 Programa productor. Menú configurar .....	33
2.4.4 Programa productor. Menú conexión .....	38
2.4.5 Programa productor. Menú opciones .....	38
2.4.6 Programa productor. Menú mostrar .....	39
2.5 Prototipo driver consumidor .....	42
2.6 Casos de uso .....	44
2.7 Valoración o corroboración de los resultados alcanzados .....	44
2.7.1 Pruebas de sistema .....	44
2.7.2 Resultados de las pruebas .....	48
2.7.3 Análisis valorativo de los aspectos económicos y medioambientales.....	49
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>51</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>52</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>53</b>
<b>ANEXOS</b>	

***Lista de símbolos, términos especiales y abreviaturas***

B-GEA:	Baterías y Grupos Electrónicos Aislados
CRC:	Verificación por redundancia cíclica
DTE:	Equipo Terminal de Datos
DNC:	Despacho Nacional de Carga
FCS:	Secuencia de verificación de trama
LTE:	Evolución a largo plazo (estándar para comunicaciones inalámbricas)
SCADA:	Supervisión, Control y Adquisición de Datos
SDL:	Lenguaje de especificación.
UML:	Lenguaje Unificado de Modelado
UNE:	Unión Eléctrica
UR:	unidad de radio.
PTT:	Pulsar para hablar, método para hablar en líneas de comunicación
SOH:	Carácter de control (8 bits) de inicio de encabezado
STX:	Carácter de control (8 bits) de inicio de texto.
SYN:	Carácter de control (8 bits) de sincronía en espera
DLE:	Carácter de control (8 bits) de escape vínculo de datos
ENQ:	Carácter de control (8 bits) de consulta.
EOT:	Carácter de control (8 bits) de fin de Transmisión
ETB:	Carácter de control (8 bits) de fin de bloque de transmisión.

## *Lista de símbolos, términos especiales y abreviaturas*

---

ETX:      Carácter de control (8 bits) de fin de texto

NAK:      Carácter de control (8 bits) de acuse de recibo negativo.

## **INTRODUCCIÓN**

Con el inicio de la Revolución Energética en el país y la instalación de baterías y Grupos Electrónicos Aislados, para satisfacer la demanda de energía mediante el concepto de energía distribuida, trajo consigo la necesidad de transmitir los datos de la generación distribuida hasta los despachos provinciales y el nacional de carga, trabajo que se coordinó entre la Unión Eléctrica y la División Automatización.

Esto sería de elevada utilidad, porque tanto en los despachos provinciales como en el nacional, se puede tener en tiempo real los datos de potencias, energías, presión, temperatura y horas de trabajo de los motores, así como el consumo de combustible de los emplazamientos que están en lugares donde no existen otras vías de comunicación, de esta manera la toma de decisiones en el aumento o disminución de la generación se puede tomar de forma mucho más rápida; por otra parte, se pueden tomar medidas preventivas para evitar roturas o averías en los motores. También esta información se guarda en soporte digital, por lo que pudiera ser utilizada para su posterior análisis estadístico y poder mejorar índices de consumo de combustible, planificación de mantenimientos, etc.

Las baterías contaban con el Sistema de Supervisión y Control de operación M-vision; pero no había transmisión de datos hasta los despachos provinciales y el nacional; sino que la comunicación se realizaba por mensajes de voz mediante radios trunking que poseían todos los emplazamientos, para realizar la supervisión. Por diferentes causas, se necesitaba reinstalar el M-vision, lo que provocaba nuevos gastos por pago de licencia e incremento del tiempo de interrupción. Adicionalmente, se fueron necesitando servicios de configuración para ver otros parámetros que no se visualizaban en el M-vision.

Teniendo en cuenta estas problemáticas, se planteó como **problema científico**: “Ausencia del protocolo de comunicación MAP27 para el Sistema de Supervisión y Control de Procesos Tecnológicos EROS, y poder lograr la transmisión de datos a través de la red trunking analógica disponible, desde los grupos de generación eléctrica distribuida hasta los despachos provinciales y el nacional de carga.

El **objeto de estudio** es la transmisión de datos de la generación eléctrica distribuida a través de la red de trunking analógica y el SCADA EROS.

El **campo de acción** de esta investigación son los protocolos de comunicación entre el SCADA EROS y los radios Trunking.

El **objetivo general** es desarrollar un sistema de transmisión de datos de la generación eléctrica distribuida utilizando radio trunking y el SCADA EROS.

Como **hipótesis** de solución del problema tratado se plantea: Si se desarrolla el protocolo de comunicación MAP27, el programa productor y el driver consumidor para el SCADA EROS, será posible transmitir datos desde los grupos de generación eléctrica distribuida hasta los despachos provinciales y el nacional de carga y realizar los procesos de gestión energética.

**Las tareas de investigación** son:

1. Desarrollo de protocolo MAP27
  - Aplicación de herramientas gráficas basadas en los diagramas de estado UML y C++ para generar la dll "map27.dll"
  - Implementación del software para cada una de las capas siguiendo las pautas del estándar MAP27.
2. Desarrollo del Productor
  - Desarrollo de una aplicación en Delphi que tome los datos del SCADA EROS, utilizando la EROSNET, y los envía por trunking hacia el consumidor.
  - Configuración de todos los aspectos de la comunicación y de los métodos de envío de las variables.
  - Acceso a la red trunking a través de la dll "map27.dll"
3. Desarrollo del Consumidor
  - Desarrollo de un driver o dll en Delphi que tome los datos desde la red Trunking desde los distintos productores configurados y la incorpora al SCADA EROS.
  - Instalación en los despachos de la UNE
  - Configuración de los parámetros de comunicación.

- Acceso a la red trunking a través de la dll "map27.dll«

#### 4. Implementación, pruebas y generalización

##### **Aportes que se esperan en el trabajo:**

En lo económico:

- Implementación de un sistema de transmisión de datos desde todas las baterías y grupos aislados con bajo costo, debido a que en generación eléctrica distribuida existe un radio trunking y una PC, por lo que solo se necesita la instalación del SCADA EROS (cuyo costo es en moneda nacional) y en los despachos provinciales una PC y un trunking (que por regla general existen).

En lo social:

- Tener una información confiable de la generación distribuida y en tiempo real, actualizándose en minutos, sería de inestimable valor para la toma de decisiones tanto en el despacho nacional como en los provinciales. También acortaría el tiempo de actuación ante situaciones de emergencia o averías.

Durante el estudio se utilizaron como **métodos de investigación** el análisis y la síntesis, a fin de establecer una consistente fundamentación teórica del tema, al adoptar puntos de vistas a partir de la crítica a diferentes fuentes, así como establecer generalizaciones a partir del estado actual en que se encuentra el objeto de estudio. Se aplicó la experimentación para probar el desempeño del sistema de transmisión de datos.

## **Capítulo 1. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS TRUNKING PARA LA TRASMISIÓN DE DATOS EN SISTEMAS DE SUPERVISIÓN**

### **INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se realiza caracterización del sistema trunking, sus antecedentes, evolución histórica e implementación en Cuba. Se analiza la caracterización del protocolo MAP27 y se describen brevemente las etapas para el desarrollo del software de comunicación por trunking.

### **1.1. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA TRUNKING**

#### **1.1.1. ANTECEDENTES Y EVOLUCIÓN DEL SISTEMA TRUNKING**

Por la necesidad de mejorar el uso de la restricción de canales radioeléctricos disponibles, durante los años 80 aparecen las redes trunking.

En la asignación de frecuencias a diversos grupos de usuarios (empresas y servicios públicos) aparecían casos en los que el uso real de la frecuencia asignada estaba muy por debajo de lo normal, provocando un bajo rendimiento de un recurso natural escaso, y por lo tanto una pérdida de capacidad de comunicación.

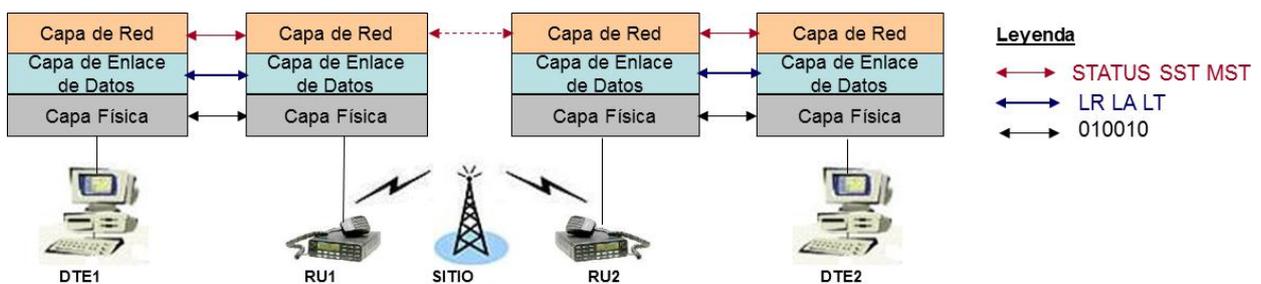
El nuevo sistema trata de utilizar pocas frecuencias de una forma más eficiente. La frecuencia ya no pertenece a un único grupo de usuarios, sino que se disponen unas pocas frecuencias portadoras para que las utilicen diversos grupos de usuarios. La frecuencia portadora solo se utiliza cuando se establece una comunicación. Así pues, el sistema trunking consiste en la compartición de varias frecuencias radioeléctricas, de tal forma que, ante una solicitud de comunicación de voz por parte de un terminal, el sistema trunking asigna un canal de frecuencias libre (canal de tráfico), al que se desplazan los terminales que han de intervenir en la comunicación. Una vez finalizada la comunicación, los terminales abandonan el canal de tráfico que puede ser utilizado para otra comunicación [1].

Todos los terminales de una red trunking están trabajando sobre un canal de control que es

por el que realizan la señalización de establecimiento de la comunicación. A diferencia del sistema anterior de cinco tonos, la gestión de comunicaciones en una red trunking requiere de un centro de control inteligente, que disponga del estado real de equipos enganchados a la red, canales utilizados, equipo en comunicación, etc. [2].

En la actualidad el sistema *trunking* que se emplea en Cuba está identificado por la norma MPT1327 del Ministerio de Correos y Telecomunicaciones del Reino Unido desde el año 1988. Utiliza modulación FFSK con tonos de 1.800-1.200 Hz para la señalización en el canal de control, y la modulación de voz sigue siendo analógica en los canales de tráfico.

Además de comunicaciones de voz, los terminales de una red trunking también disponen de capacidad de gestión de datos, que se pueden utilizar, por ejemplo, para enviar estados a una central de entradas y salidas de los terminales, envío de información desde otro sistema conectado mediante puerto serie al equipo, y otros como el envío de posiciones GPS, desde un receptor incluido en el terminal móvil. El envío de estos datos se realiza dentro del canal de control al cual están enganchados los equipos, esperando enviar o recibir órdenes de establecimiento de llamadas. De esta forma se agiliza el envío de información, sin necesidad de utilizar canales de tráfico (voz), (Figura 1.1).



*Figura. 1.1. Esquema general de la red trunking*

Como evolución natural de las redes trunking analógicas, surgió la red trunking digital, donde se abandona la modulación analógica y se sustituye por la modulación digital, tanto para voz como para datos. La necesidad de obtener un mejor aprovechamiento del recurso limitado de frecuencia disponible se ve ampliamente logrado con este sistema, ya que en un solo canal

de RF (frecuencia ascendente y descendente) pueden coexistir hasta cuatro comunicaciones de voz, gracias a la técnica TDMA (*Time Division Multiple Access*).

El ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) trabajó desde el año 1994 en el establecimiento de una norma europea que diera respuesta a los cambios tecnológicos y nuevos requerimientos funcionales que se solicitaban desde los usuarios tradicionales de las redes profesionales. En concreto, la mayor exigencia venía dada por el sector de emergencias y seguridad, que plantean necesidades tales como una mayor confidencialidad en las comunicaciones mediante cifrado, distintos niveles de gestión de llamadas, llamadas de grupo, combinación de flotas, distintos niveles de prioridad de llamadas, una mayor tasa de transferencia de datos y envío de datos por paquetes.

### **1.1.2. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA TRUNKING EN CUBA**

El operador público en Cuba que ofrece los servicios de radio convencional, trunking y soluciones de telecomunicaciones inalámbricas, es Movitel, empresa cubana de servicios de radiocomunicaciones móviles. Opera una red troncalizada (trunking) la cual opera bajo la norma MPT 1327 (norma analógica que permite llamadas de grupo o individuales) perteneciente a Tait Electronic en la banda de frecuencia de 800 MHz, el cual tiene la opción de transmisión de datos en base al protocolo MAP27 con el cual se posibilita esta opción a bajas velocidades.

La ubicación de cada radio base y su cobertura se muestran en el anexo. Tiene como principales clientes a instituciones como los ministerios de la Construcción y la Agricultura, Recursos Hidráulicos, la Unión Eléctrica y de Ferrocarriles, además del Partido y el Gobierno y sus representaciones técnico - comerciales en todas las provincias del país.

En el caso de la UNE, la utilización del trunking es bastante común para la comunicación mediante voz, no así en la transmisión de datos, y basándonos en las posibilidades de transmisión de estos, es que se plantea la posibilidad de su utilización.

## **1.2. CARACTERIZACIÓN DEL PROTOCOLO MAP27**

El estándar MAP27 “MAP27 Mobile Access Protocol for MPT 1327 equipment” especifica la interfase entre una Unidad de Radio (RU) y un Equipo Terminal de Datos (DTE). Esta interfase brinda acceso y define los procedimientos de la capa de red para el establecimiento de llamadas y la transferencia de datos como se especifica en MPT 1327 y MPT 1343, o sus derivaciones.

El estándar MAP27 está basado en el modelo de referencia de siete capas de la ISO para la interconexión de sistemas abiertos OSI. Las siguientes capas están definidas:

- Capa 1: Interfase Física
- Capa 2: Protocolo de Enlace de Datos
- Capa 3: Protocolo de Red

A continuación, se brinda una síntesis de la responsabilidad de estas capas.

## **1.3. INTERFASE FÍSICA**

La interfase física describe la conexión física y el formato de la transmisión entre un DTE y una RU en una configuración punto a punto. El MAP27 especifica una interfase de transmisión asincrónica RS232 a 9600 bps (otras velocidades posteriormente han sido aceptadas), con un bit de arranque, 8 bit de datos, un bit de parada y sin chequeo de paridad. Estas definiciones, así como, el nivel eléctrico, conexión física, y número de los pines están basados en un subconjunto de las recomendaciones V.24, V.28 y RS-232. La conexión mínima de la interfase RS232 usa los pines de recepción, transmisión y tierra. En la tabla 1.1 se muestra la configuración de pines de una RU para los conectores de 9 y 25 pines:

*Tabla 1.1. Número de pines y señales para la interfase v.24*

<b>Señal</b>	<b>9-Pines</b>	<b>25-Pines</b>	<b>Dirección</b>	<b>DCE</b>
Tierra Protectora	Pantalla	1 y pantalla	← →	
Datos Rx	2	3	←	
Datos Tx	3	2	→	
Tierra de Señal	5	7	↔	

#### **1.4. PROTOCOLO DE ENLACE DE DATOS**

El protocolo de enlace de datos garantiza el intercambio de información local entre un DTE y una RU (ver Figura 1.2). Su operación es full-duplex en el sentido que el intercambio de datos es permitido simultáneamente en ambas direcciones, sin tomar en cuenta cuando el enlace de la RU es simplex o duplex. La terminología empleada para describir el formato del paquete está basada en la recomendación CCITT T.50 (alfabeto internacional No. 5 – IA5).

El paquete comienza con una secuencia de inicio usando los caracteres de control de la IA5 SYNC-DLE-STX. La secuencia de inicio es seguida por un campo de encabezamiento con una longitud de información constante de 4 octetos. El campo de encabezamiento puede ir seguido por un campo de datos de longitud variable. El paquete finaliza con una bandera de parada, usando los caracteres de control IA5 DLE-ETX. La bandera de parada es seguida por una secuencia de chequeo de la trama de dos octetos (FCS). En la Figura 1.3 se aprecia el formato general del paquete:

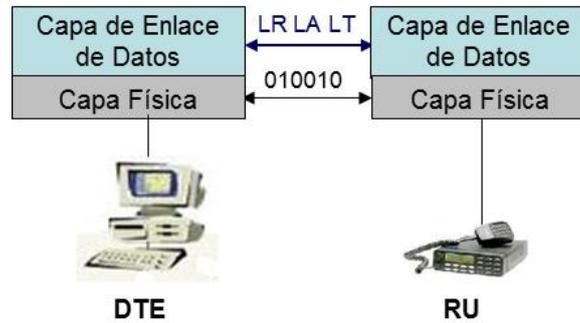


Figura 1.2. Protocolo de Red

	8	7	6	5	4	3	2	1		
1	0	0	0	1	0	1	1	0	SYN	Start flag character 1
2	0	0	0	1	0	0	0	0	DLE	Start flag character 2
3	0	0	0	0	0	0	1	0	STX	Start flag character 3
4..7	Header 4 octets									Header field of the packet body
8..	Data n octets									Data field of the packet body
N-3	0	0	0	1	0	0	0	0	DLE	Stop flag character 1
N-2	0	0	0	0	0	0	1	1	ETX	Stop flag character 2
N-1	FCS									16 bit cyclic redundancy check sum
N	2 octets									

Figura 1.3. Formato general del paquete de la capa de enlace de datos

El campo de datos cuando está presente contiene datos transparentes a esta capa lo cual se logra usando un método denominado rellenado DLE. El cuerpo del paquete (encabezamiento y datos) y la bandera de parada DLE-ETX son incluidos en el cálculo de la FCS. La secuencia de inicio y todos los caracteres de control DLE usados para mantener la transparencia de los datos son excluidos del cálculo de la FCS.

El campo de encabezamiento contiene un primer octeto empleado para indicar su tipo y codificar los restantes tres octetos compuestos por parámetros. Los parámetros no usados se rellenan con un caracter de control IA5 NULL (00h).

La capa de enlace de datos basa su funcionamiento en el uso de tres tipos de

encabezamientos básicos, como se observa en la tabla 1.2. La especificación del protocolo MAP27 presenta en detalles el formato de estos encabezamientos y sus parámetros, así como las variables de estado y los temporizadores usados en el funcionamiento de esta capa.

### **Formato del (LR)**

El formato LR se usa para establecer (o restablecer) una conexión entre dos entidades con una conexión física activa. Los paquetes LR no tienen campo de datos. Su estructura es la siguiente:

- |   |         |                         |   |
|---|---------|-------------------------|---|
| 1 | LR      | Link request            | Value 01h                               |
| 2 | N1      | Maximum length          | Range 0-255                             |
| 3 | k       | Window size             | Standard 1, other values optional       |
| 4 | VERSION | Protocol version number | Standard 0-127, system specific 128-255 |

*Tabla 1.2 Encabezamientos de la capa de enlace de datos*

No	Encabezamiento	Función
1	LR: Solicitud de Enlace	Establecer o reestablecer la conexión entre dos entidades.
2	LA: Reconocimiento del Enlace	Confirmar el establecimiento del enlace y reconocer uno o múltiples paquetes LT.
3	LT: Transferencia sobre el Enlace	Transferir datos de las capas superiores en campos de datos con un número de secuencia.

Donde N1, es la longitud de los datos de usuario, El tamaño de la ventana k (window size k) define el máximo número de paquetes LT salientes, con la máxima longitud del campo de datos, que pueden enviarse en un instante dado sin esperar reconocimiento. El valor por

defecto de k es 1, otros valores hasta 255 son opcionales.

### **Formato del (LA)**

El formato LA se usa tanto para confirmar el establecimiento del enlace como para reconocer los paquetes LT. Un paquete LA puede reconocer múltiples paquetes LT. Los paquetes LA no tienen campo de datos. Su estructura es la siguiente:

- 1 LA Link acknowledgement Value 02h
- 2 N(R) Rx sequence number binary, modulo 256
- 3 N(k) Rx credit number binary, modulo 256
- 4 Reserved Reserved NUL

El N(R) es el número del próximo paquete LT esperado.

El N(k) es el número de paquetes LT que pueden ser enviados antes de que el expedidor deba esperar por un reconocimiento.

El estatus de listo u ocupado del receptor es controlado por el N(k). Este contiene el número de paquetes LT que el receptor es capaz de aceptar en el instante de transmisión del LA. Un valor de crédito de cero detiene la transmisión de un nuevo LT por el expedidor.

### **Formato del (LT)**

El paquete LT se usa para transferir los datos de las capas altas en campos de datos enumerados secuencialmente. El campo de datos contiene los datos de usuario, con una longitud de hasta el valor definido por N1 negociado durante la fase de establecimiento. Su estructura es la siguiente:

- 1 LT Link transfer Value 04h
- 2 T(S) Tx sequence number binary, modulo 256
- 3 AR Acknowledgement request 0/1

4 Reserved Reserved NUL

El N(S) es el número del campo de datos. Este número es incrementado en una manera modular con cada paquete LT transmitido.

El AR tendrá el valor 0 o 1 con la siguiente definición:

- no se solicita reconocimiento especial
- este paquete LT tiene que ser reconocido inmediatamente

### **Variables y números de secuencia**

Los paquetes LA y LT están enumerados secuencialmente y en cada entidad existen las variables de estado correspondientes las cuales pueden tener cualquier valor en el rango 0 a  $m-1$ , donde  $m$  es el módulo de los números de secuencia. El módulo es 256 y todas las operaciones aritméticas sobre las variables de estado y números de secuencia definidos son afectadas por la operación módulo 256.

Los paquetes LT contienen un número de secuencia de envío N(S). Si un paquete LT en-secuencia es designado para su transmisión, N(S) es igualado a una variable de estado de envío V(S).

Los paquetes LA contienen un número de secuencia de recibo N(R), el N(S) esperado en el próximo paquete a recibir. El valor de N(R) indica que todos los paquetes LT correctamente recibidos han sido reconocidos hasta e incluyendo N(R)-1. Si un paquete LA es designado para la transmisión, N(R) es igualado a una variable de estado de recibo V(R).

La variable de estado de envío V(S) denota el número de secuencia del próximo paquete LT en-secuencia a ser transmitido. El valor de V(S) deberá incrementarse en 1 sucesivamente en cada transmisión de un paquete LT, pero no puede exceder el N(R) del último paquete LA recibido por más del número máximo de paquetes LT salientes, tamaño de la ventana  $k$  (window size  $k$ ).

La variable de estado de recibo V(R) denota el número de secuencia del paquete LT en-

secuencia esperado a recibir.  $V(R)$  deberá incrementarse en 1 con cada paquete LT recibido correctamente cuyo  $N(S)$  sea igual a  $V(R)$ .

La variable de estado de crédito de recibo  $R(k)$  denota el número de paquetes LT que el receptor es capaz de recibir. El número de paquetes LT recibidos sin reconocimiento más  $R(k)$  no puede ser mayor que el tamaño de la ventana  $k$ .  $R(k)$  es actualizado tan frecuente como se requiera y representa la habilidad del receptor de aceptar paquetes LT.

Los paquetes LA contienen un número de crédito de recibo  $N(k)$ . Si un paquete LA es designado para la transmisión,  $N(k)$  es igualado a la variable de estado de crédito de recibo  $R(k)$ . Este  $N(k)$  indica que la entidad es capaz de recibir paquetes LT numerados hasta e incluyendo  $N(k)+N(R)-1$ .

La variable de estado de crédito de envío  $S(k)$  denota el número de paquetes LT que el expedidor es capaz de transmitir sin crédito adicional desde el receptor. El número de paquetes LT sin reconocer no puede ser mayor que el último  $N(k)$  recibido el cual está en el rango de cero al tamaño de la ventana  $k$ . El valor de  $S(k)$  será decrementado en 1 cada vez que un nuevo paquete LT sea transmitido.

Durante la fase de inicialización las variables de estado se ponen como sigue:

$V(S)$  puesta a 1

$V(R)$  puesta a 1

$R(k)$  puesta a  $k$

$S(k)$  puesta a 0

### **Descripción del protocolo de enlace de datos**

Los dos estados siguientes son definidos con el protocolo de enlace de datos:

- 'Establecimiento del enlace de datos' o 'reset\_wait' y 'link\_wait'
- 'Transferencia de datos lista' o 'listo'

El procedimiento de establecimiento del enlace de datos comienza después del encendido o reset. Después del establecimiento del enlace la entidad está en la fase de transferencia de datos y es capaz de enviar y recibir paquetes LT.

En cualquier instante después del encendido inicial un receptor debe ser capaz de decodificar e interpretar el campo de encabezamiento (header field) de un mensaje entrante y chequear CRC. Este debe descartar el campo de datos si no está listo para recibir datos.

El receptor descartará un paquete recibido si este está defectuoso ej. El CRC no machea.

### **Procedimiento de la fase de establecimiento del enlace**

Las entidades en cualquiera de los extremos de la conexión física pueden iniciar el procedimiento de establecimiento del enlace en cualquier instante y ambas entidades deben hacerlo simultáneamente.

La entidad originadora (el iniciador) comienza el procedimiento de la fase de establecimiento del enlace. La entidad receptora debe estar lista para responder a los mensajes del protocolo y efectuará la negociación de los parámetros con sus parámetros internos.

La entidad receptora examina los parámetros del paquete LR que esta recibe, los compara con sus parámetros internos y determina el valor de los parámetros que sean apropiados para los dos extremos. El valor de los parámetros apropiados será el menor de los dos valores comparados y serán establecido como el parámetro que caracterizará la conexión.

Si la entidad se encuentra en la fase de transferencia de datos y recibe un paquete LR entonces esta entrará en la fase de establecimiento de enlace. Esta también entrará en la fase de establecimiento de enlace cuando se enciende o se le aplique reset.

Durante la fase de establecimiento de enlace todas las transferencias de datos están prohibidas y todos los buffers de datos dentro de la capa de enlace de datos están clareados.

#### **1.4.1. PROTOCOLO DE RED**

El MAP27 define la capa de red de un DTE para la comunicación con las RUs del tipo MPT

*Capítulo 1. Caracterización de los sistemas trunking para la transmisión de datos en sistemas de supervisión*

---

1327 y MPT 1343. El protocolo de esta capa dispone de un conjunto de mensajes para realizar:

- Transferencia de estado (STATUS)
- Llamadas de datos cortos y extendido (SST/MST)
- Llamadas de voz y MODEM
- Control local del radio (Configuración, etc.)
- Control del desvío de llamadas

Esta capa garantiza el intercambio de información de un extremo a otro sobre la red trunking y los servicios locales para controlar la RU, (Ver Figura 1.1).

En la tabla 1.3 se resumen los mensajes disponibles, cada mensaje contiene al menos dos octetos comenzando con un primer octeto que indica el tipo del mensaje y continuando con uno o más octetos de parámetros y datos.

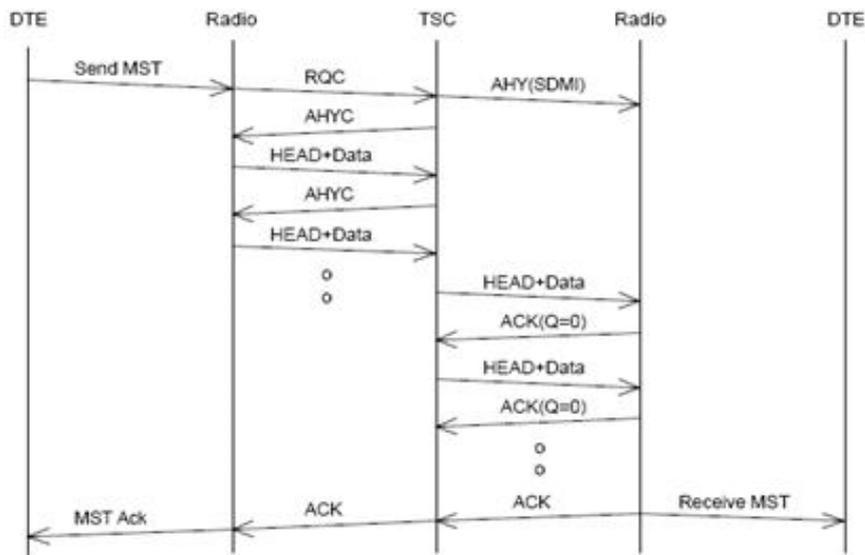
*Tabla 1.3. Sumario de los tipos de mensaje de la capa de red*

No.	Tipo del Mensaje	Mensajes
1	Estatus	5
2	Mensaje corto - SST	5
3	Mensaje largo - MST	5
4	Llamadas de voz y MODEM	10
5	Transferencia de datos por MODEM	2
6	Clareo de conexión	4
7	Control de desvíos	4
8	Control del radio y misceláneas	14

9	Otros reservados	-
---	------------------	---

Los mensajes son transferidos entre las RUs usando el esquema de numeración MPT. Normalmente los radios de una misma flota comparten el mismo prefijo y de esta forma los usuarios dentro de una organización necesitan marcar únicamente dos o tres dígitos para las llamadas de voz. Cada radio tiene una identificación única dentro de la red que permite encaminar los mensajes hacia una unidad en particular. También es posible encaminar los mensajes hacia varias unidades mediante el empleo de la identificación de grupo.

La especificación MAP27 para esta capa define las reglas del protocolo indicando cuando el DTE debe enviar mensajes y como debe responder a los mensajes recibidos. Para esto se auxilia de los diagramas de secuencia de tiempo, en la Figura 1.4 se muestra como ejemplo el diagrama de secuencia de tiempo para una transacción SST/MST.



*Figura 1.4. Ejemplo de una transacción MST/SST entre estaciones móviles*

También se auxilia de las matrices de los posibles estados/evento/acción, (ver Figura 1.5). En estas matrices la fila superior muestra el estado actual y la columna izquierda muestra los eventos. Por cada celda (combinación estado/evento) se define una acción (minúsculas) y el próximo estado a ocupar (MAYÚSCULAS). Los diagramas de secuencia de tiempo, así como

las matrices de estado/evento/acción que mencionamos se suministran en la especificación MAP27 con la intención de mejorar el entendimiento del protocolo.

**1.4.2. UTILIZACIÓN DE RADIOS TRUNKING EN LA ACTUALIDAD**

Con el desarrollo de tecnologías de la comunicación, la red inalámbrica privada evoluciona de llamadas analógicas convencionales, trunking analógico, y de trunking digital de banda estrecha. La red inalámbrica privada ha sido muy inferior a la red pública en términos de tecnología de la comunicación, capacidad de comunicación, y los medios de comunicación. Su modernización industrial también se ha retrasado por unos 10 años. Alrededor del año de 1990, las redes públicas se desplegaron en gran escala y las redes GSM y CDMA reemplazaron el sistema de comunicación analógica original. En ese momento, se introdujo el sistema de *trunking* analógico en diversas industrias en el mundo donde el sistema MPT1327 fue ampliamente utilizado [11].

STATES events	IDLE	MESSAGE WAIT
Receive (R) Status/SST/ MST	pass to appl IDLE	pass to appl MESSAGE WAIT
Send (A) Status/SST/ MST	send status MESSAGE WAIT	appl error MESSAGE WAIT

*Figura 1.5. Ejemplo de una transacción MST/SST entre estaciones móviles*

El mercado de *trunking* está experimentando una revolución de la tecnología y ofrece una gran oportunidad. Las demandas de los clientes para servicios de banda ancha, tales como vídeo de alta definición, están creciendo, y la banda ancha es una solución que se puede emplear en toda la cadena de la industria. El panorama de las comunicaciones de hoy está cambiando rápidamente. Las comunicaciones de voz no pueden satisfacer los requisitos de la empresa para la interacción personal y el intercambio de información y los servicios de datos son cada vez más críticos para alcanzar los objetivos estratégicos.

En cumplimiento de la tendencia de desarrollo de los sistemas *trunking* digitales, Huawei

desarrolló la solución de banda ancha basados en LTE. La solución eLTE ofrece servicios de *trunking* en redes LTE mediante la adición de un servidor PTT y terminales relacionados con las redes existentes sobre la base de la red LTE estándar [12].

Gracias a la arquitectura de la red LTE y al diseño de la interfaz aérea para la banda ancha base, los tiempos de establecimiento de llamada se reducen considerablemente. Al igual que el *trunking* tradicional, eLTE puede proporcionar una mejor experiencia de rendimiento.

Sobre la base de eMBMS (*standard evolved multimedia broadcast/multicast service*) característica del LTE, eLTE puede proporcionar gran grupo de llamadas con un número ilimitado de usuarios. Huawei extrae lecciones de lo que hereda la experiencia y logros 2G, 3G las tecnologías *trunking*, para proporcionar funciones de servicio de *trunking* integrales [12].

Sobre la base de la alta eficiencia del espectro y el ancho de banda de la red LTE, eLTE puede proporcionar video portero, video vigilancia móvil, transferencia de archivos grandes, asistencia remota, y consolas de despacho móviles [12].

La solución eWBB LTE utiliza múltiples tecnologías avanzadas de LTE como la OFDM y el MIMO, y la tecnología profesional personalizada *trunking* de banda ancha. La solución puede proporcionar comunicaciones profesionales de *trunking* de voz, de alta fiabilidad y la transmisión de datos en tiempo real y el envío de vídeo multimedia en una sola red. Con la solución eWBB LTE, múltiples servicios pueden ser compatibles, como comando de voz expedición, el envío de instrucciones de producción (datos + voz), la recopilación de datos de equipos, equipos para la video vigilancia en el lugar de la industria, la vigilancia de vídeo en directo y de retorno.

Hay ciertos parámetros a tener en cuenta para que el sistema eLTE pueda ser tomado en consideración. Algunos de ellos dependen de las características y facilidades de la solución y otros de las especificaciones del propio país. Prestando atención a los siguientes requerimientos puede ser posible crear una propuesta que responda a las necesidades que presenta el sistema *trunking* en Cuba. Quizás una de las primeras cosas a tener en cuenta

**Capítulo 1. Caracterización de los sistemas trunking para la transmisión de datos en sistemas de supervisión**

---

es que tenga compatibilidad con otros sistemas, como por ejemplo el MPT 1327, que está en uso en estos momentos en Cuba, y que se analice la posibilidad para la sustitución del mismo en un futuro. También es importante la comunicación con las demás redes de comunicaciones en uso tal como PSTN y PABX (*Private Branch Exchange* y *Private Automatic Branch Exchange*) [13], el control de la red y el manejo de los fallos, las posibilidades de migrar a tecnologías futuras de acuerdo con las necesidades que se presenten.

Estas características se observan de forma resumida en la tabla 1.4.

*Tabla 1.4. Diferencias en las características entre trunking analógico y digital*

No.	Características	Trunking analógico	Trunking Digital
1	Uso del espectro	Uso menos eficiente del espectro	Uso eficiente del espectro, comparte automática y dinámicamente un pequeño número de canales entre un número relativamente grande de usuarios
2	Cumplimiento de Normas	Cumple con las Normas	Cumplimiento con requerimientos y normas espectrales europeas
3	Capacidad de la red	Voz y datos	-Banda ancha y video  -API( <i>Application Programming Interface</i> ) abierta y aplicaciones ricas  - uso de VPN ( <i>Virtual Private Network</i> )
4	Relación Calidad vs Distancia	Menor calidad a mayor distancia de cobertura	Calidad constante en su distancia de cobertura
5	Tiempo de establecimiento de llamada	-	Menor tiempo de establecimiento.

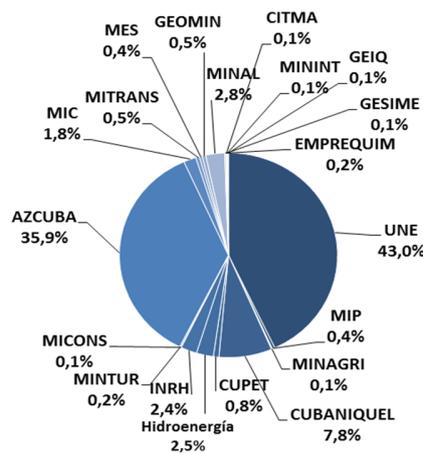
### 1.5. CARACTERIZACIÓN DEL SCADA EROS

*Capítulo 1. Caracterización de los sistemas trunking para la transmisión de datos en sistemas de supervisión*

EROS es un Sistema de Supervisión y Control de Procesos Industriales. Realiza variadas funciones dentro del entorno de la dirección de los procesos. Facilita a los operadores, ingenieros, supervisores y directivos operar y dirigir cualquier proceso con eficiencia y productividad. Puede trabajar acoplado a diversos sistemas de colección de datos, como elemento único o formando parte de una red industrial.

Tiene en cuenta todas las características de las variables medidas y realiza un potente tratamiento estadístico y determinístico de las mismas con sólo configurarlo. Se configura de forma muy fácil (en línea) lo que permite que un usuario no especializado, con orientaciones sencillas, pueda configurarlo sin tener que depender de especialistas.

Este Sistema contiene la experiencia acumulada de 25 años, se encuentra instalado en 176 clientes y 1476 puestos de supervisión y control, (Figura 1.6).



*Figura 1.6. Puestos de supervisión y control por clientes en Cuba (unidades)*

El SCADA EROS está organizado en capas, en la capa más cercana al hardware están los manejadores de dispositivo o drivers, que utilizando protocolos tales como: OPC, MODBUS TCP/RTU, SAIABUS, COMLI, DNP3, se comunica con varios dispositivos tales como: autómatas (PLC), analizadores de red e interruptores, reguladores autónomos, así como servidores OPC de diferentes fabricantes, (figura 1.7).



*Figura 1.7. Puestos de supervisión y control (unidades) por clientes en Cuba*

Sin embargo, para el enlace con los radios trunking se necesita desarrollar el módulo de interfaz para el protocolo MAP27.

#### **1.6. BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE DESARROLLO DE SOFTWARE**

El modelo del Ciclo de Vida del Desarrollo de Software en la División de Automatización, se solapa en el modelo Ciclo de Vida del Proyecto establecido en el Manual del Proyecto (DA-ME-01). Las pautas fundamentales para el desarrollo del software son, (DA-PE-002, NC-ISO/IEC 90003:2006, NC-ISO/IEC 12119:2005).

- Determinación y análisis de Requisitos.
- Diseño de la arquitectura.
- Diseño e implementación de prototipos.
- Codificación de los Casos de Uso. Pruebas Unitarias.
- Integración de los Casos de Uso. Pruebas de Integración.
- Pruebas de Sistema. Instalación y Soporte del Software.
- Pruebas de Aceptación y documentación del Software (Manual de Configuración y Operación).

A continuación, se describen brevemente:

Determinación y análisis de requisitos. En esta fase se determinan los requisitos del producto software desde la perspectiva del usuario. Establece los servicios que el sistema debe proporcionar y las restricciones bajo las cuales debe operar. Se especifican las condiciones que determinan qué debe hacer el sistema y cómo debe hacerlo. Los requisitos deben revisarse de acuerdo a la instrucción DA-PE-002.

Diseño de la Arquitectura. Se establecen decisiones acerca de los recursos de implementación y prototipos a emplear. Entre las actividades se relacionan: Definición de entradas y salidas del software; Definición de Caso de Uso; Definición de interfaces, Determinación de Prototipos; Definición de Plataforma y herramientas de programación; Desarrollo de algoritmos de programación para las funcionalidades.

Luego de la implementación de los Prototipos, se realiza la codificación de los Casos de Uso y las Pruebas Unitarias, el cual supone todo el proceso de escribir el código software necesario que hará posible que el sistema finalmente implementado cumpla con las especificaciones establecidas y responda al diseño del sistema descrito, las pruebas tienen como objetivo comprobar que el Caso de Uso, entendido como una unidad funcional de un programa independiente, está correctamente codificado.

Integración de los Casos de Uso. Pruebas de Integración. Se determina la secuencia en que se van a producir e integrar los componentes, tienen el propósito de asegurar que no haya errores de interfaces y de encontrar defectos en el sistema.

## **CONCLUSIONES**

Tenido en cuenta las facilidades para la transmisión de datos que posee el sistema troncalizado de radios, así como su gran cobertura nacional y existencia en todos los grupos electrógenos del país, se proponen para la transmisión de datos entre los emplazamientos de grupos electrógenos que no tengan otras vías de comunicación hasta los despachos eléctricos provinciales y el Despacho Nacional de Carga.

*Capítulo 1. Caracterización de los sistemas trunking para la transmisión de datos en sistemas de supervisión*

---

Para el establecimiento de llamadas y la transferencia de datos utilizando el radio trunking, se utilizó el protocolo MAP27, el cual especifica la interfase entre una Unidad de Radio (RU) y un Equipo Terminal de Datos (DTE), la cual brinda acceso y define los procedimientos de la capa de red.

## **Capítulo 2. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y MONITOREO CON PLATAFORMA DE RADIOS TRUNKING**

### **INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se refleja el diseño e implementación del Sistema de Supervisión y Monitoreo con el SCADA EROS y plataforma de radios Trunking, de la generación distribuida en los emplazamientos de Grupos Electrónicos Aislados y Baterías de todo el país, que no poseen otra vía de comunicación. Se muestra la arquitectura del sistema propuesto, el prototipado, los diagramas de casos de uso y la valoración de los aspectos económicos, medioambientales y la corroboración de los resultados alcanzados.

### **2.1. ARQUITECTURA DEL SISTEMA PROPUESTO. MODELO PRODUCTOR CONSUMIDOR**

La arquitectura del sistema se basa en el modelo productor - consumidor, el cual consiste en el intercambio de información (datos) a través del canal de control de una red trunking MPT1327. Dicho intercambio emplea diversos métodos de transferencias tales como: encuesta, encuesta simple, cambio de estado y cíclico; los que permitirán aprovechar al máximo posible el ancho de banda del canal de control, (ver figura 2.1).

Este intercambio se diseñó con una estructura simple y flexible integrada básicamente por dos elementos:

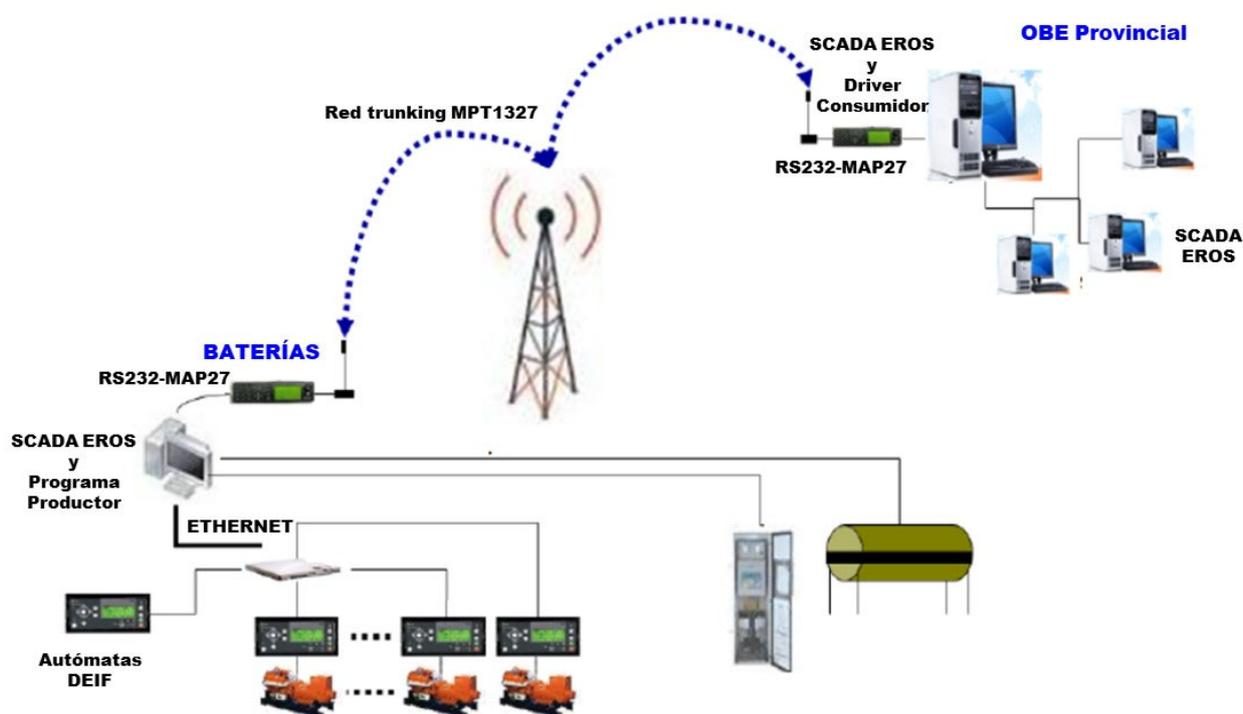
- **Productor:** Programa con capacidad para enviar datos que se sitúa generalmente en la PC donde se encuentra el SCADA EROS en los emplazamientos.
- **Consumidor:** Manejador del SCADA EROS (Driver) con capacidad de recolectar información enviada por uno o varios productores.

Para lograr dicho intercambio, se requiere una interfaz para el manejo del protocolo MAP27, entre el radio trunking y cualquier aplicación sobre Windows. Esta arquitectura permite la supervisión a distancia de las variables y parámetros seleccionados por el usuario más

durante la configuración.

La comunicación del SCADA EROS con el radio trunking se realiza por puerto serie de la PC y un puerto serie del trunking, bajo la norma RS232 y utilizando el protocolo MAP27.

La información de los parámetros de generación eléctrica de los grupos electrógenos se obtiene mediante la comunicación del SCADA EROS, este se comunica por red ETHERNET con un GATEWAY que, a su vez, se comunica con los autómatas DEIF por varios puertos con la norma RS485 utilizando el protocolo Modbus.



*Figura 2.1. Descripción del sistema para la transmisión de datos por radio trunking*

De esta forma, la información de la operación de los grupos electrógenos, referida a la generación distribuida, puede ser supervisada desde despachos provinciales y el Despacho Nacional de Carga (DNC).

## **2.2. REQUISITOS DEL SISTEMA**

Los requisitos funcionales del sistema se relacionan a continuación:

- El sistema debe poseer una arquitectura Productor/Consumidor.
- Disponer de una interfaz para el manejo del protocolo MAP27, entre el radio trunking y cualquier aplicación sobre Windows.
- Selección del servidor (PC) donde se encuentra el Sistema de Supervisión y Control EROS del cual se tomarán los datos, ya sea por omisión "localhost o por dirección IP.
- Nivel de acceso de usuarios a las variables del SCADA EROS, por ejemplo, usuario administrador y contraseña.
- Poder seleccionar las variables del SCADA EROS que se transmitirán, así como sus diferentes períodos de tiempo de envío, debiendo estar configuradas en el SCADA EROS que las recibirá.
- Configurar las variables, el puerto, el radio y otros parámetros fundamentales para la comunicación, tanto en el productor como en el consumidor.

### **2.3 INTERFAZ PARA EL MANEJO DEL PROTOCOLO MAP27**

Para representar el protocolo MAP27 en los diagramas de estado de la UML fue necesario:

- Primero: Convertir la representación SDL de la capa de enlace de datos a diagramas de estado.
- Segundo: Trasladar la representación en matrices de estado/evento/acción de la capa de red a diagramas de estado.

La representación SDL comúnmente está compuesta por sentencias condicionales con uno o más niveles de anidamiento y estas pueden estar contenidas dentro de un mismo estado.

En la figura 2.2 se muestra un fragmento de conversión SDL a diagramas de estado para el estado READY de la capa de enlace de datos. En este se recibe una entrada desde la capa de red para enviar un nuevo paquete, aparece entonces una sentencia condicional para determinar si existe crédito disponible para la transmisión del paquete, en cuyo caso se genera una salida hacia la capa de red indicando que el paquete ha sido aceptado y se

procede a almacenar el paquete para el momento del envío, además de realizarse otras tareas; de lo contrario se genera una salida hacia la capa de red indicando que el paquete ha sido rechazado.

La solución a esta problemática consiste en resolver dentro del propio estado las sentencias condicionales auxiliándose de:

- Señalizaciones (SIGNALS)
- Expresiones-de-Guarda (GUARD-EXPRESIONS)
- Reacciones-Internas (INTERNAL-REACTIONS)

Se puede apreciar en la figura 2.2, cómo la señalización 'S\_NET\_PACK\_OUT' actúa como disparo (trigger) desde la capa de red para comunicar la solicitud de enviar un nuevo paquete, esta señalización afecta a dos reacciones-internas las que funcionan como condicional dado que solo una de ellas soluciona su expresión-de-guarda, ejecuta entonces sus acciones asociadas y finalmente envía una señalización indicando si el paquete fue aceptado o rechazado.

La segunda tarea consistió en la traslación de una de las entradas a la matriz de estado/evento/acción de la capa de red a su correspondiente diagrama de estado. Las matrices de estado de la capa de red son una representación tabular de un diagrama de estado, (Figura 2.3).

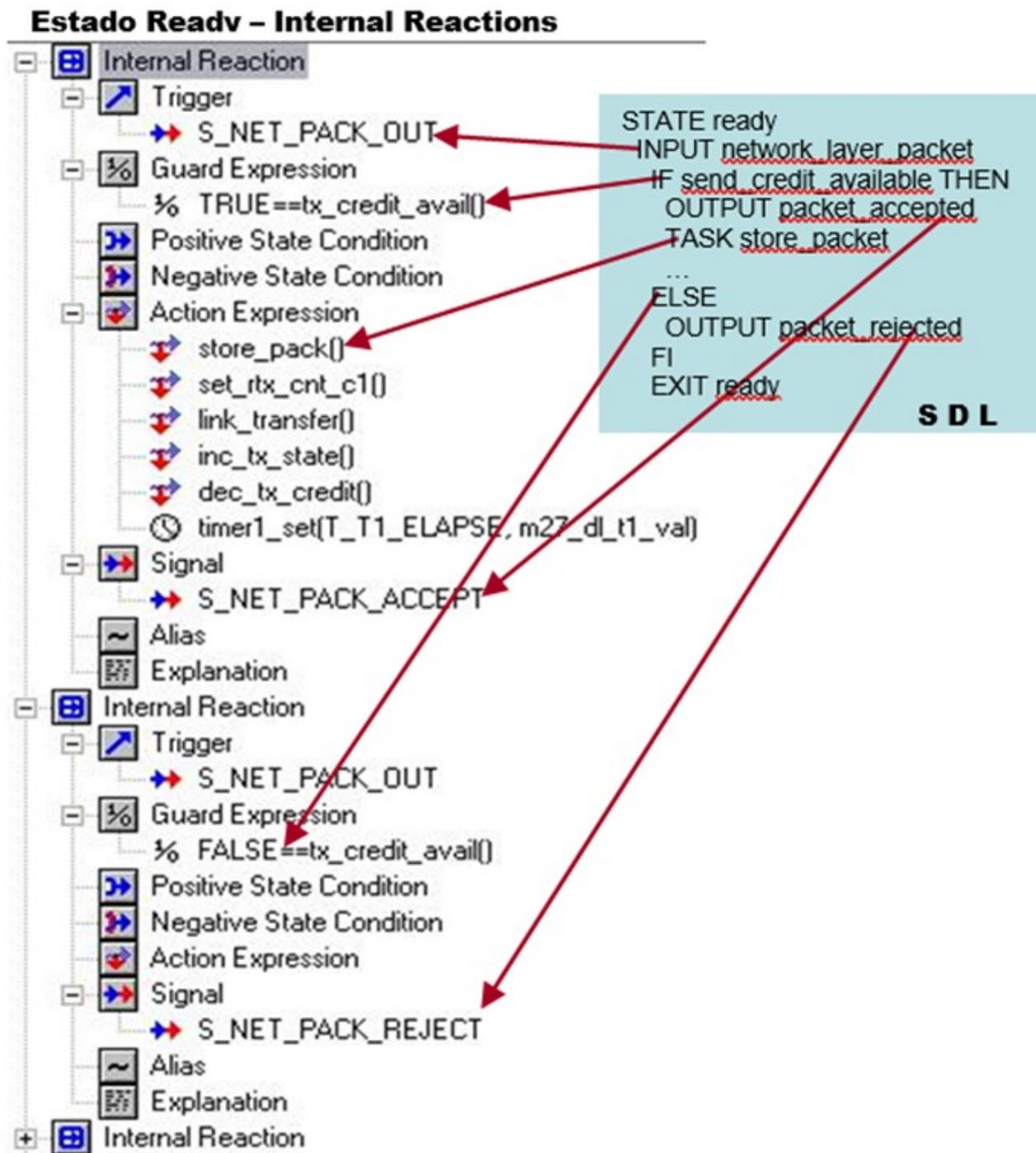


Figura 2.2. Fragmento de conversión sdl a diagrama de estados

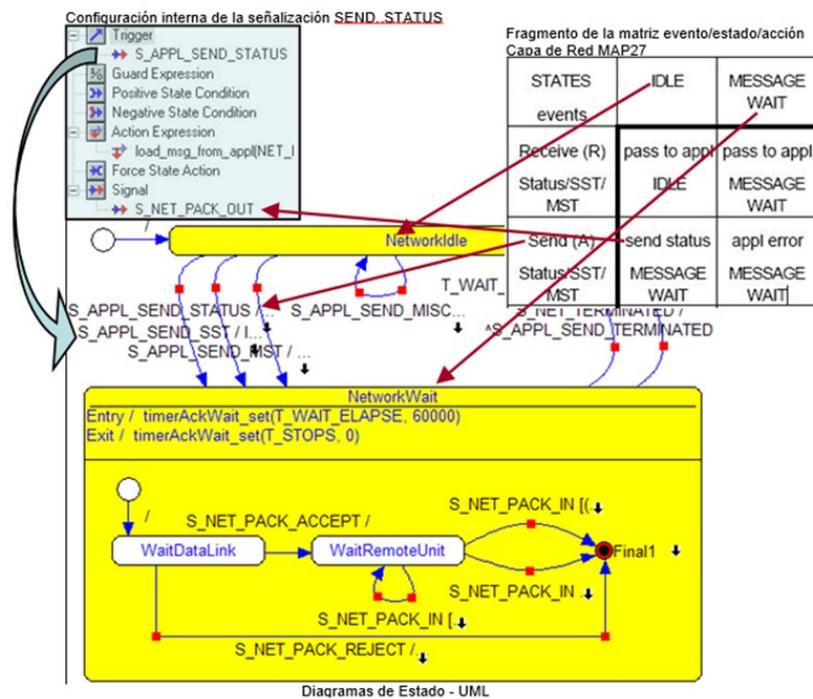


Figura 2.3. Fragmento de conversión matriz a diagrama de estados

En la figura 2.4 a figura 2.7, se muestran los diagramas de estados UML desarrollados para el MAP27. [15]

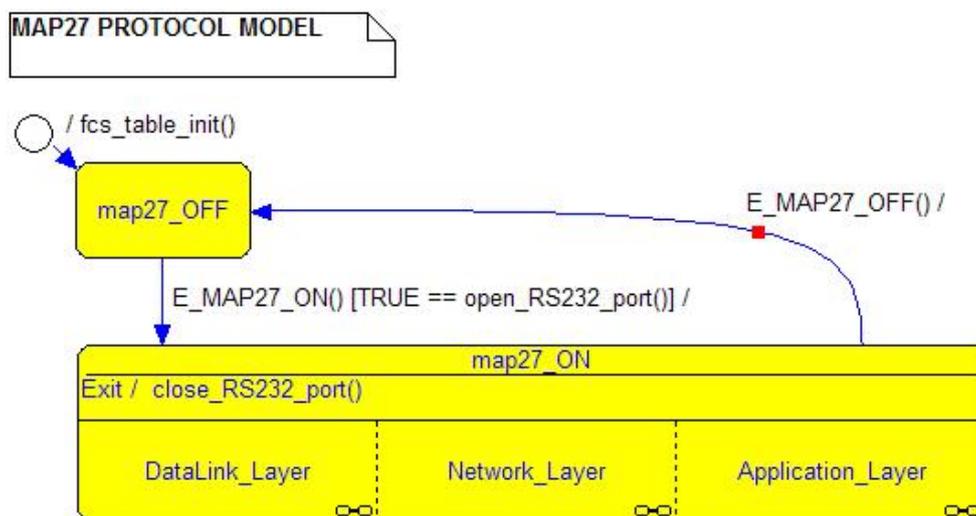


Figura 2.4. Modelo del protocolo MAP27 en diagramas de estados

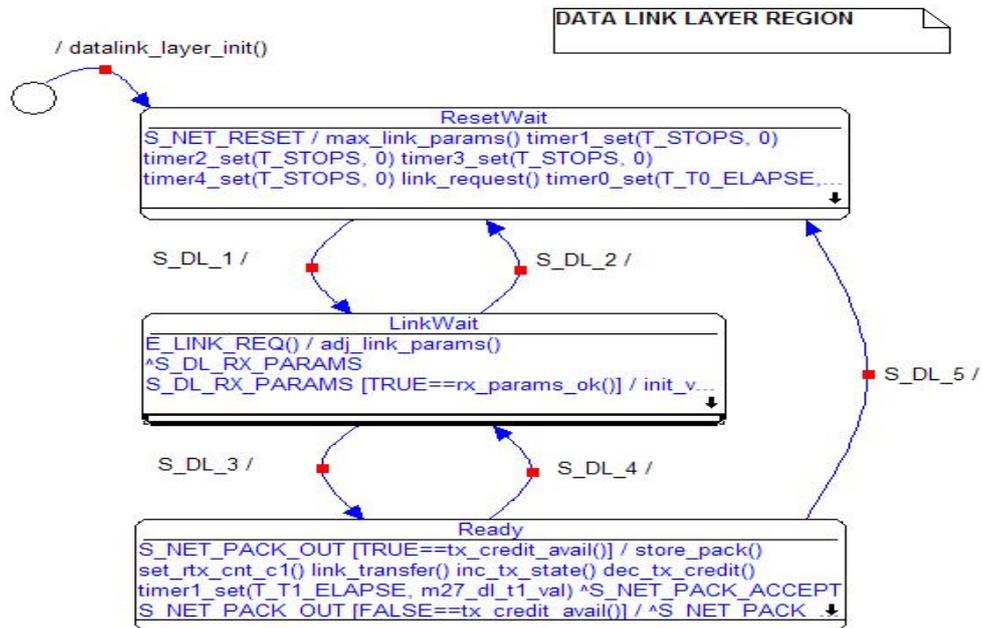


Figura 2.5. Modelo de la capa de enlace de datos en diagramas de estados

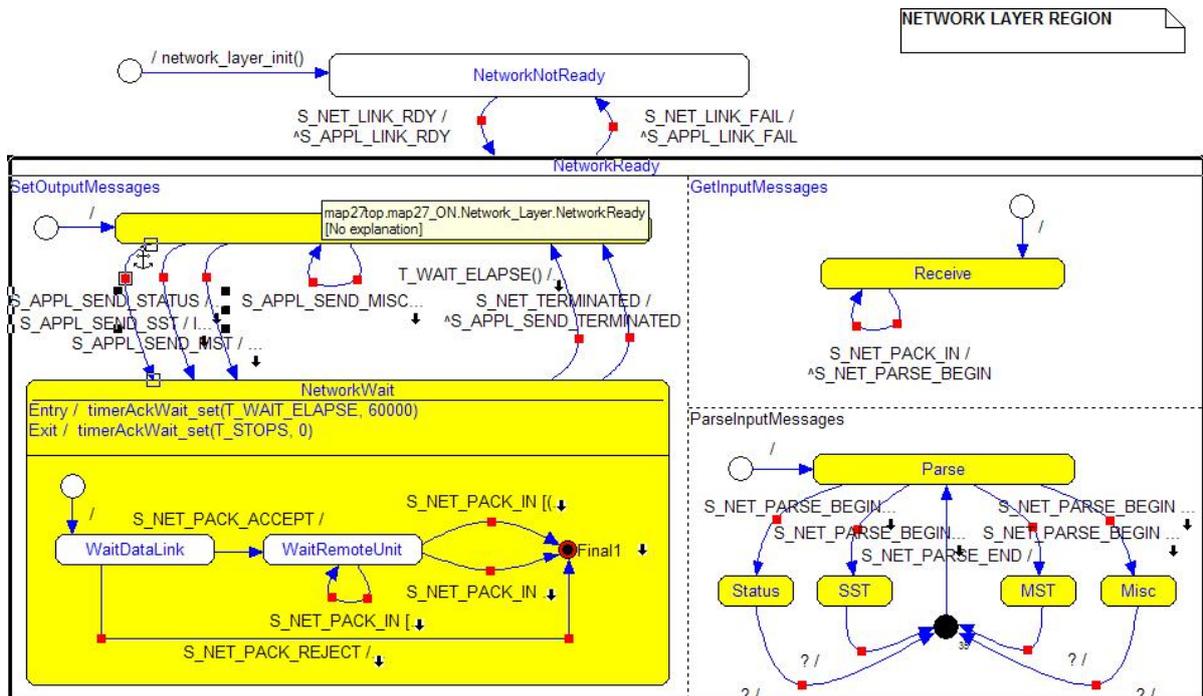


Figura 2.6. Modelo de la capa de red en diagrama de estados

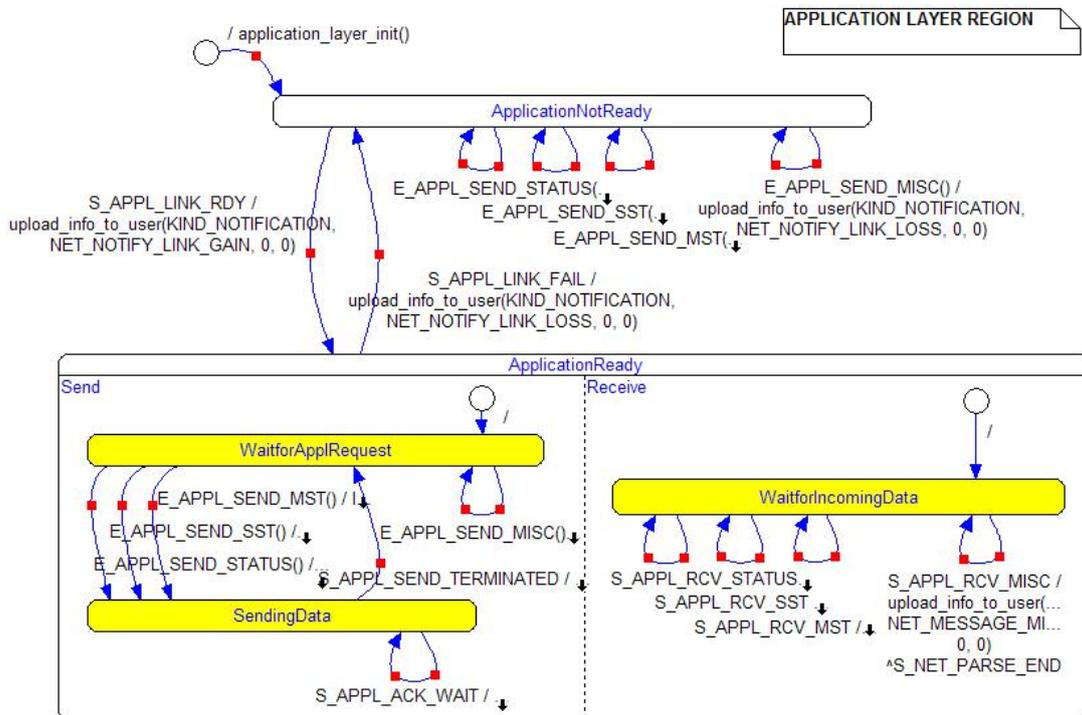


Figura 2.7. Modelo de la capa de aplicación en diagramas de estados

En la figura 2.7 se observa el nivel de jerarquía superior del diagrama de estados del MAP27 compuesto por dos estados principales:

- map27\_off
- map27\_on

El estado map27\_on a su vez está compuesto por tres regiones que operan en paralelo:

- datalink\_layer
- network\_layer
- application\_layer

La región 'datalink\_layer', Figura 2.5, se ocupa del funcionamiento de la capa de enlace de datos siguiendo las especificaciones del sdl. La región 'network\_layer', Figura 2.6, se ocupa del funcionamiento de la capa de red siguiendo el comportamiento de la matriz para los

eventos (status, sst, mst) y los estados (idle, message wait) que constituyen la base de la transmisión de datos, para el resto de los eventos y estados esta región se comporta como una tubería que posibilita encaminar cualquier mensaje hacia/desde la red trunking o para el control local de la ru pero sin aplicar el tratamiento que se le brinda a los primeros. La última capa denominada 'application\_layer', Figura 2.7, ha sido concebida para la comunicación con la dll que envuelve al código del modelo.

Finalmente, se genera el código c++ equivalente del modelo MAP27 [14], y usando la herramienta c++ builder versión 5.0 se compila y produce el código ejecutable de la dll para su uso desde cualquier programa de aplicación.

#### **2.4 PROTOTIPO DEL PROGRAMA PRODUCTOR**

Cuando la aplicación se inicia, lo hace minimizada, mostrando un icono en la barra de tareas y para mostrarse, debe darse doble clic sobre dicho icono y se maximiza el programa Productor (ver figura 2.8).



**Figura 2.8. Programa Productor. Ícono de la barra de tareas**

##### **2.4.1 PROGRAMA PRODUCTOR. MENÚ APLICACIÓN**

Si se maximiza la aplicación, se podrá apreciar con los diferentes menús y submenú (figura 2.9).

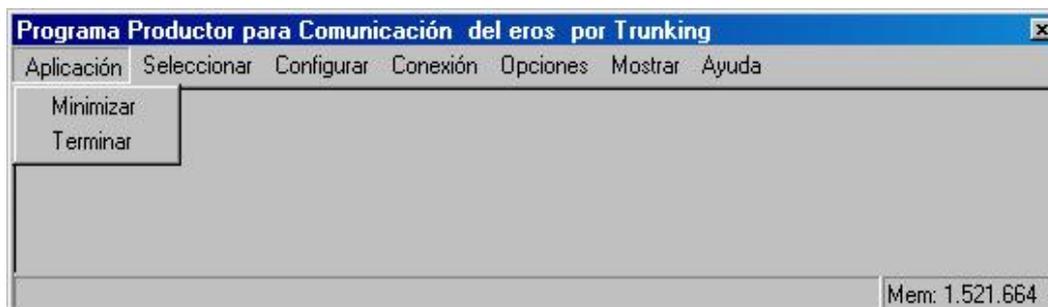


Figura. 2.9. Programa Productor. Menú aplicación

Aplicación: Cuando se oprime se muestra un submenú con las subopciones (figura 2.9).

Minimizar: Minimiza la aplicación y solo se muestra un icono en la barra de tareas.

Terminar: Finaliza la Aplicación si no se está ejecutando el Sistema de Supervisión y Control EROS, en caso contrario esta opción no tiene validez.

#### 2.4.2 PROGRAMA PRODUCTOR. MENÚ SELECCIONAR

El menú seleccionar, consta de lo submenú: Servidor y variables (figura 2.10).

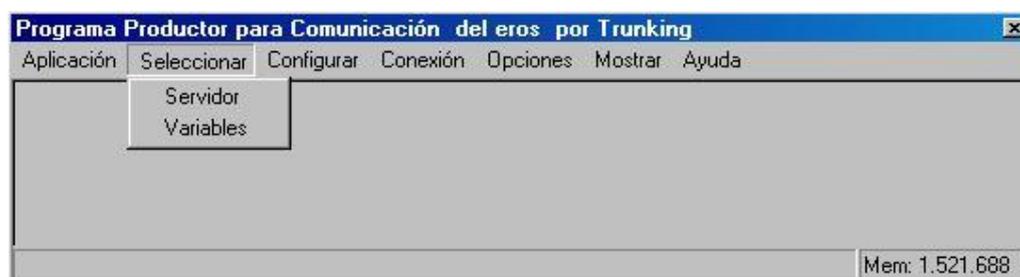


Figura. 2.10. Programa Productor. Menú Seleccionar

Servidor: Se selecciona la máquina donde se encuentra el Sistema de Supervisión y Control EROS del cual se tomarán los datos. Cuando este se encuentre en la propia máquina, al diálogo se le presiona Aceptar (figura 2.11).

También tiene un panel donde se pone un usuario con derechos de

administración en el EROS y su contraseña para el caso de que se tengan variables que se escriban en el EROS.

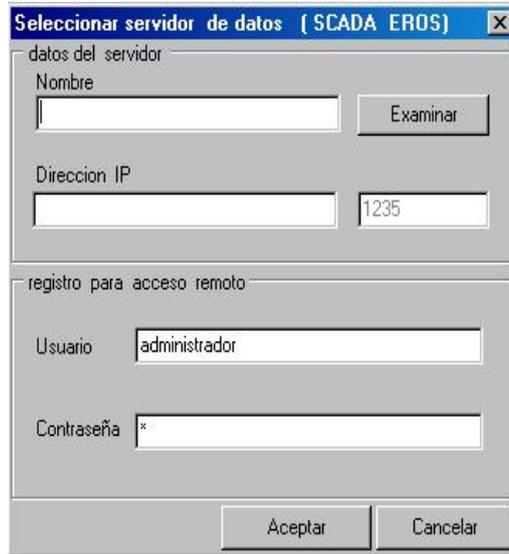


Figura 2.11. Programa Productor. Seleccionar servidor de datos

**Variables:** Esta opción solicita al EROS todas sus variables y de ellas se seleccionan las que se transmitirán (figura 2.12).

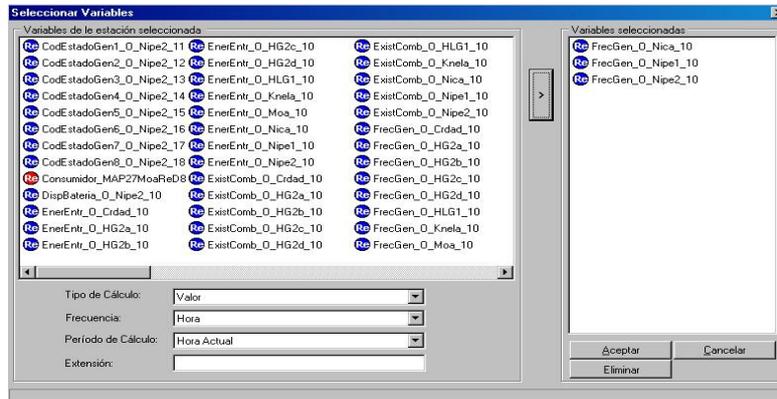


Figura 2.12. Programa Productor. Seleccionar variables

Esta opción se emplea para configurar todas las variables, el puerto, el radio y otros parámetros fundamentales para la comunicación. Antes de detallar las subopciones es necesario aclarar algunos términos y funciones:

Autómata virtual: Es un buffer de 4095 registros de 16 bits donde se depositan las variables a transmitir, las cuales se irán transmitiendo por orden y cuando le corresponda según la condición de envío. En cada mensaje solo se pueden enviar 9 registros de 16 bits, en este caso solo se mandan las que cumplen con dicha condición, o sea, un mensaje puede tener desde 1 hasta 9 registros de 16 bits, este buffer se recorre cíclicamente mientras la aplicación esté corriendo.

Grupo especial: Ídem al autómata virtual pero solo posee 10 registros de 16 bits y todos sus valores se mandan en un solo mensaje, o sea, si uno de los registros de este grupo se debe mandar se envían todos, este grupo comparte el 50% del total de los mensajes enviados, por lo que va a tener mayor prioridad, este grupo también se pueden utilizar como latido.

Mensaje SST: Es una trama de datos de 23 bytes máximo.

Mensaje MST: Es una trama de datos de 88 bytes máximo.

Latido: Es un mensaje cíclico que se envía al consumidor que le indica a éste que el productor está funcionando, este se utiliza cuando no se cumple la condición de envío en un período prolongado de tiempo y por lo tanto no se manda ningún mensaje

Status: Esta no es una variable para transmitir sino para informar al EROS el estado y la estadística de la comunicación. Se utilizan variables de teclado del EROS para que el productor pueda escribir en ellas.

Tipos de status

Status 1	Tipo
Status 2	Causa
Status 3	Total intentos de envío
Status 4	Total mensajes enviados
Status 5	% envío últimos 100 mensajes
Status 6	Total mensajes especiales (ESP)
Status 7	Total mensajes cortos (SST)
Status 8	Total mensajes largos (MST)
Status 9	Total mensajes latidos (LAT)

Muestreo Cíclico: Es aquel donde se define que la variable será enviada periódicamente. Puede definirse el tiempo o la hora y minuto en que se sea realizar el envío.

Muestreo por Cambio: En este tipo de muestreo se define un delta de cambio, que se usa para comparar con el valor absoluto de la diferencia entre el último valor enviado y la medición actual, si es mayor o igual al delta entonces se envía este último valor.

Muestro a Es cuando el envío se hace porque el consumidor lo solicite. Esta  
Solicitud: opción aún no está implementada.

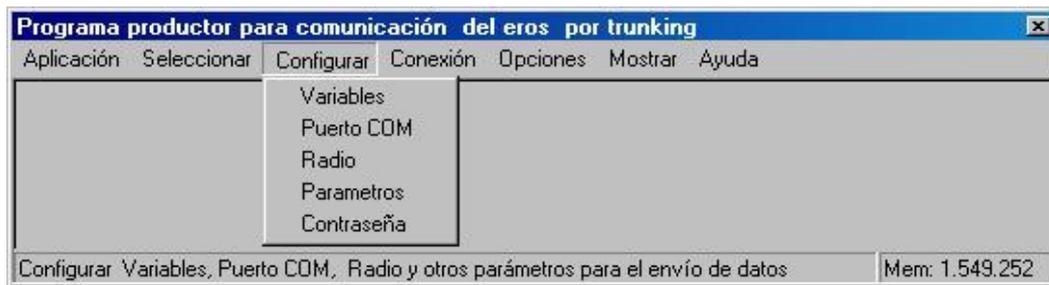
### **2.4.3 PROGRAMA PRODUCTOR. MENÚ CONFIGURAR**

El menú configurar está compuesto por los submenús: Variables, Puerto COM, radio, Parámetros y Contraseña (figura 2.13).

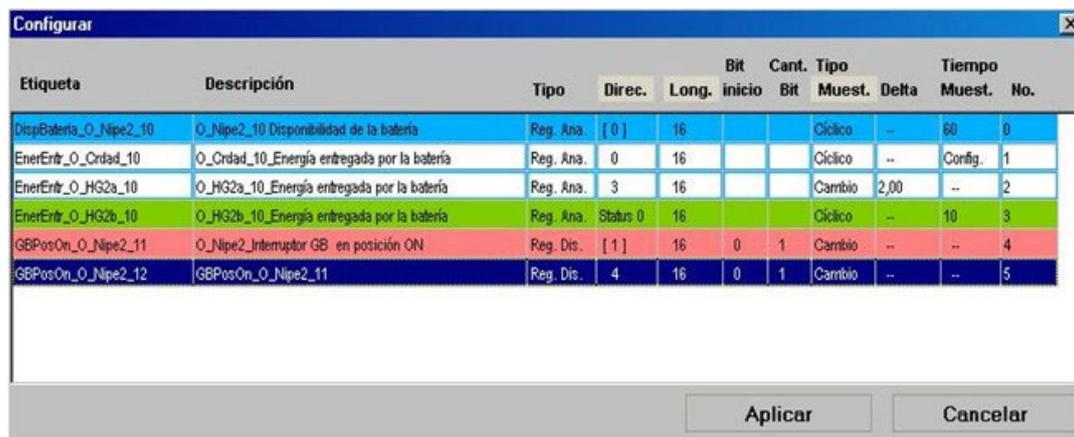
Variables: En esta opción se muestran las variables seleccionadas anteriormente en el EROS con el objetivo de configurar las características que tendrán para su envío, esta tabla posee las características siguientes (figura 2.13):

- Las variables se muestran en el orden en que se adicionaron en el EROS.
- Las filas poseen diferentes colores para destacar atributos diferentes:
  - Fondo azul claro: indican variables analógicas del grupo especial.
  - Fondo blanco con el borde azul claro son variables analógicas del autómata virtual.
  - Fondo verde claro son las variables para reportar Status al EROS.
  - Fondo rojo claro son variables discretas que pertenecen al grupo especial.
  - Fondo blanco con los bordes rojo claro son variables discretas del autómata virtual.
  - Fondo blanco con el borde gris son las variables que están desactivadas en el productor.
  - Fondo negro azul indica la variable donde se encuentra el cursor.

- Cuando se da doble clic donde está el cursor, se muestra el dialogo de configuración, y es donde se podrán configurar todos los parámetros de las variables (figura 2.14).



*Figura 2.13. Programa Productor. Menú Configurar*



*Figura 2.14. Programa Productor. Configurar*

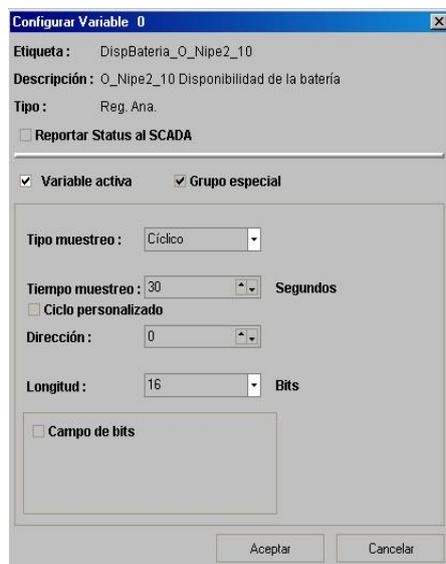


Figura. 2.15. Programa Productor. Configurar variables

Reportar Status al SCADA:

Esta variable se va a usar como status y se deberá seleccionar el tipo en una lista que se muestra al efecto cuando selecciona esta opción.

Tipo de Muestreo:

Indica el concepto por el cual se van a enviar las variables (cíclico, cambio, solicitud)

Tiempo de Muestro:

Si el muestreo es cíclico deberá definirse el tiempo de este ciclo poniendo el tiempo definido en segundos o personalizado, en este último caso se utiliza el botón configurar que al dar clic sobre él muestra una tabla con todas las horas y minutos del día para definir el momento exacto en que se desea realizar el envío.

Dirección: Es el número del registro de 16 bits donde será ubicado el valor de la variable.

Longitud: Cantidad de bits que ocupa la variable en el mensaje (16 ó 32 bits).

Campo de bits: Si en un mismo registro se envía más de una variable se indicará con este parámetro y se especificará el bit de inicio y la cantidad de bits de la variable, en el caso de las discretas la cantidad es de 1 bit.

Puerto COM: Configura la velocidad de transmisión y el puerto a utilizar para la comunicación con el radio (figura. 2.16).

En el caso de los puertos, se pone uno principal y se tiene la posibilidad de poner 3 puertos alternativos, o sea, que en caso de no poder abrir el principal, el programa recorrerá los otros 3 tratando de abrirlos.



*Figura 2.16. Programa Productor. Programar puerto COM*

**Radio:** Se configura la dirección del radio que recibirá la información del productor, o sea, el radio del consumidor (figura 2.17).



*Figura. 2.17. Programa Productor. Configurar radio consumidor*

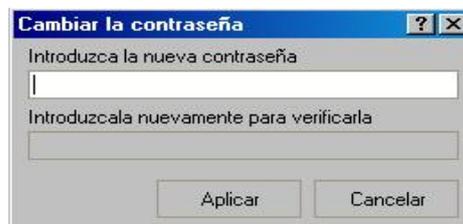
**Parámetros:** en este tópico se configuran otros parámetros como son:

- **Intentos de envío:** son los intentos de envío que se harán en caso de que no se pueda transmitir por alguna causa el mensaje, en caso de fallar todos los intentos, en el próximo ciclo de medición se intentará transmitir nuevamente ese mensaje, o sea, hasta que no se transmita un mensaje, no se pasa al próximo.
- **Tiempo mínimo del ciclo de medición:** es el tiempo que se espera para leer nuevamente las variables del SCADA EROS, chequear si hay variables que cumplen con las condiciones de envío (están en tiempo de envío o cambiaron por arriba de su delta) y mandar el mensaje.
- **Tiempo de latido:** este tiempo se utiliza en caso de que todas las variables sean por cambio y permanezcan mucho tiempo sin cambiar su valor, o que las cíclicas tengan un tiempo muy grande de envío por lo tanto el productor tiene que enviar un mensaje (latido), reportándole al consumidor que está vivo y que todas las variables mantienen su valor, este tiempo tiene que ser menor que el tiempo que tiene el consumidor para reportar

fallo de conexión.

- Efectuar el latido con el grupo especial: si se marca esta opción el latido se efectuará con el mensaje del grupo especial.
- Tiempo Máximo para declarar error de conexión: si no se ha podido enviar un mensaje en este tiempo, se declara error en la conexión y se marcan todas las variables para ser enviadas cuando se restablezca la misma.

Configurar Contraseña (figura 2.18).



*Figura. 2.18. Programa Productor. Cambiar contraseña*

#### **2.4.4 PROGRAMA PRODUCTOR. MENÚ CONEXIÓN**

El menú conexión se muestra en la figura 2.19.



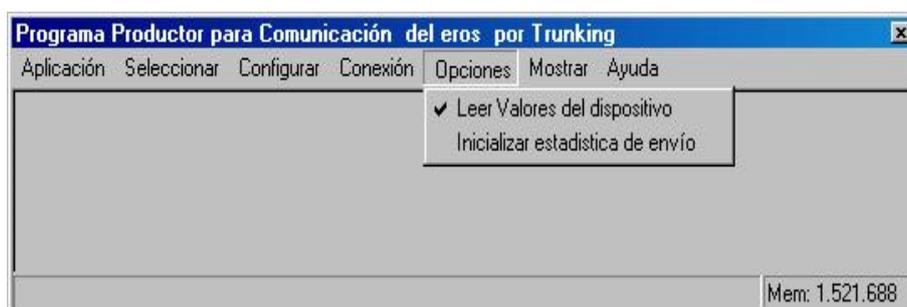
*Figura 2.19. Programa Productor. Menú Conexión*

Conectar: Al seleccionar esta opción el programa se conecta al SCADA EROS y por defecto siempre iniciará conectado a este.

Desconectar: Al seleccionar esta opción el programa se desconecta del SCADA EROS y por defecto siempre iniciará desconectado de este.

#### **2.4.5 PROGRAMA PRODUCTOR. MENÚ OPCIONES**

El menú opciones está compuesto por los submenús Leer valores del dispositivo e Inicializar estadística de envío (figura 2.20).



*Figura 2.20. Programa Productor. Menú Opciones*

Leer valores del dispositivo: Cuando esta opción esta seleccionada los valores que se toman del EROS vienen como se lee de los dispositivos, en caso contrario se mostrarán convertidos en unidades de ingeniería.

Inicializar estadística de envío: Cuando se da clic en esta opción toda la estadística de envío de mensajes se inicializa y todos los contadores se ponen en cero.

#### **2.4.6 PROGRAMA PRODUCTOR. MENÚ MOSTRAR**

El menú mostrar está compuesto por los submenús: Variables, Autómata virtual, Grupo Especial, Mensaje y rastreo (figura 21).

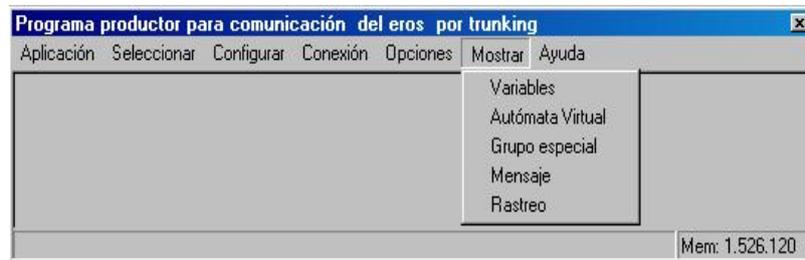


Figura 2.21. Programa Productor. Menú Mostrar

**Variables:** Se muestra la etiqueta, descripción y el valor de las variables seleccionadas, agrupadas por tipo (figura 2.22).

Etiqueta	Descripción	Valor
DispBateria_0_Nipe2_10	0_Nipe2_10 Disponibilidad de la batería	Valor Inválido
EnerEntr_0_Crdad_10	0_Crdad_10 Energía entregada por la batería	Valor Inválido
EnerEntr_0_HG2a_10	0_HG2a_10 Energía entregada por la batería	Valor Inválido
EnerEntr_0_HG2b_10	0_HG2b_10 Energía entregada por la batería	Valor Inválido

Figura 2.22. Programa Productor. Menú Mostrar. Mostrar variables

**Autómata virtual:** Este es un buffer de 4095 registros de 16 bits donde se depositan las variables a transmitir. En la ventana se muestra el número del registro, el valor del dato a transmitir en diferentes formatos (decimal, hexadecimal y binario), de existir error en el valor del registro, se pone un 1 en la casilla de errores y si toca enviar el dato se pone un 1 en la casilla de enviar (figura 2.23).

Registro	Valor decimal			Valor hexadecimal			Valor binario			Error	Enviar
	word	Hi (word)	Lo(word)	word	Hi (word)	Lo(word)	Hi (word)	Lo(word)	Lo(word)		
0	0	0	0	0000	00	00	0000 0000	0000 0000	0	1	
1											
2											
3	0	0	0	0000	00	00	0000 0000	0000 0000	0	1	
4											
5											
6											
7											
8											

Figura 2.23. Programa Productor. Menú Mostrar. Mostrar Automática virtual

Grupo especial: Ídem al automático virtual pero solo son 10 registros de 16 bits (figura 2.24).

Registro	Valor decimal			Valor hexadecimal			Valor binario			Error	Enviar
	word	Hi (word)	Lo(word)	word	Hi (word)	Lo(word)	Hi (word)	Lo(word)	Lo(word)		
0	0	0	0	0000	00	00	0000 0000	0000 0000	1	1	
1	0	0	0	0000	00	00	0000 0000	0000 0000	1	1	
2											
3											
4											
5											

Figura 2.24. Programa Productor. Menú Mostrar. Mostrar grupo especial

Mensaje: Muestra en detalles el último mensaje a transmitir por el productor, así como estadística de la comunicación (figura 2.25).

Mensaje : 00 00 03 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00	
No. de los registros a enviar : 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
Cantidad de bytes a enviar	1
Cantidad de registros de 16 bits a enviar	10
Tipo de mensaje	ESP
No. del paquete	0
Dirección inicial	0
Mascara de errores	03
Mascara de envío	3FF
Cantidad total de intentos de envío de mensajes	0
Cantidad total de mensajes enviados	0
Fecha del último envío :	
% de envío en los últimos 0 intentos	0,00
Totalizador de mensajes (ESP)	0
Totalizador de mensajes (SST)	0
Totalizador de mensajes (MST)	0
Totalizador de mensajes (LAT)	0
Reconocimiento al último mensaje enviado	
Tipo : 05	Notificación de error en el puerto COM
Causa : 06	Handle inválido
Puerto en uso	Ninguno

Figura 2.25. Programa Productor. Menú Mostrar. Detalles del último mensaje

Rastreo: Se muestra una ventana con la información de eventos y acciones que están ocurriendo en el enlace con el trunking (figura 2.26).

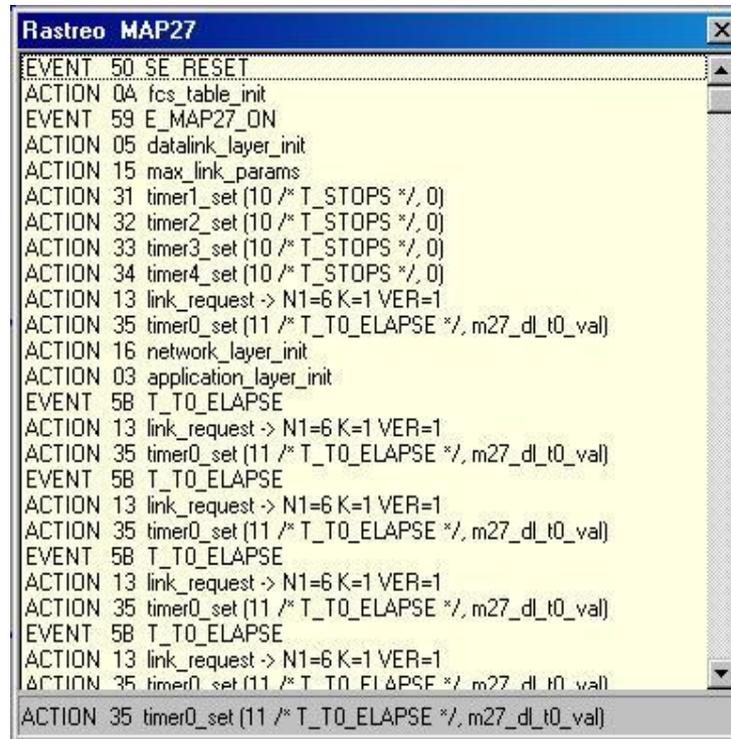


Figura 2.26. Programa Productor. Menú Mostrar. Rastreo MAP27

## 2.5 PROTOTIPO DRIVER CONSUMIDOR

Para establecer comunicación entre 2 PC, a través de equipos de radio Trunking, además del productor necesitamos tener en la PC receptora instalado el Sistema de Supervisión y Control EROS y éste a su vez el driver **Consumidor\_MAP27.DLL**, (figura 2.27).

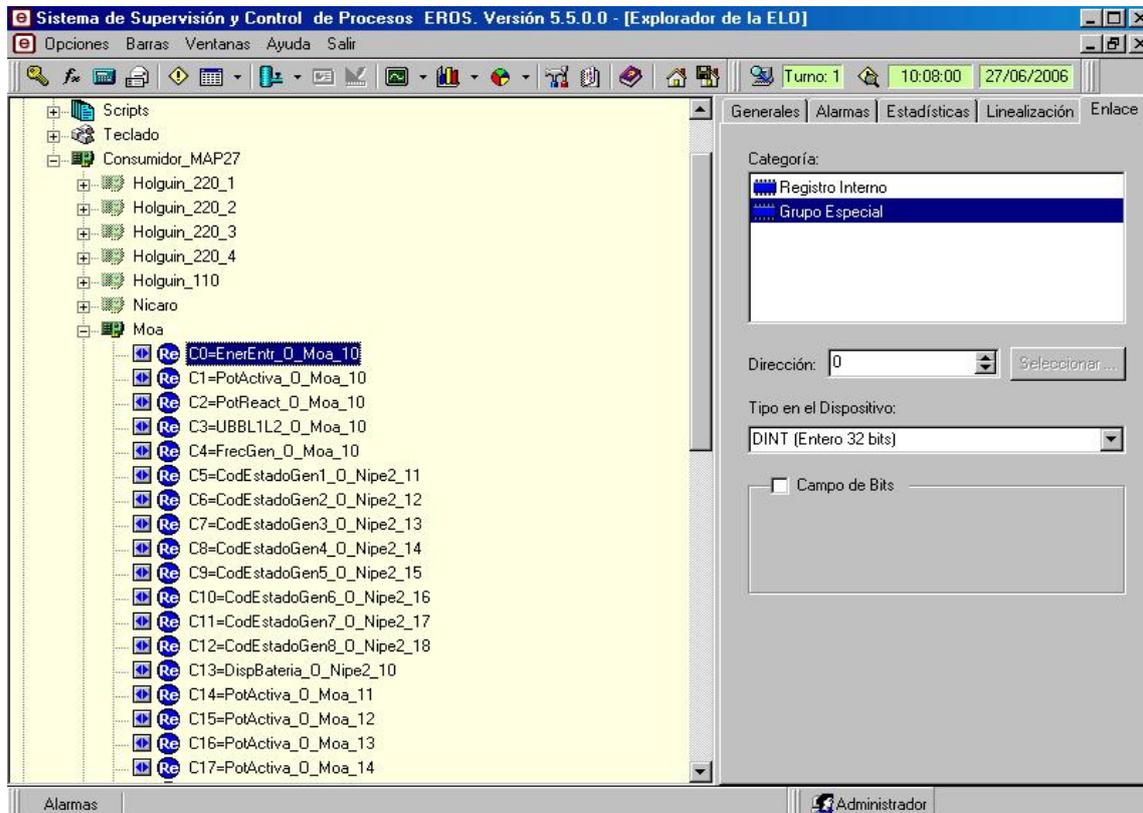


Figura 2.27- Configuración del consumidor en el SCADA EROS

La configuración para la utilización de este driver es una Configuración normal (ver manual del usuario del EROS), sólo que en este caso tendrá dos categorías, Registro Interno y grupo especial, estos registros son palabras de 16 bits, las cuales están en correspondencia con el autómata virtual del programa productor, o sea, que si usted coloca un dato en la dirección 20 del Autómata Virtual, lo recibirá en el Registro interno 20 del Consumidor, si su dato es de 32 bits entonces se hace la misma operación pero con los registros 20 y 21 en cada lado, si su variable es discreta entonces además del número del registro tendrá que especificar en cual, de los 16 bits, está situada.

Las diferencias entre el autómata virtual y el grupo especial son las siguientes:

- El grupo especial tiene solo 10 registros de 16 bits, el autómata virtual tiene 4095.

- En el grupo especial si uno de los registros se deben mandar se envían todos, en el autómata virtual se envían solo las que cumplen con la condición de envío.
- El grupo especial se utiliza como latido.

Configuración del consumidor (figura 2.28).

En el gráfico se muestra el enlace a la variable del Consumidor. En este caso la variable EnerEntr\_O\_Moa\_10 pertenece al grupo especial, es un entero sin signo de 16 bits y su dirección es la 0, que tiene que coincidir con esa misma dirección en el productor.

En el siguiente gráfico se muestra cómo se enlaza la variable discreta en el Consumidor. En este caso la variable Prueba está situada en el bit 4 de un registro interno entero sin signo de 16 bits cuya dirección es la 5, y que pertenece al autómata virtual, esta configuración tiene que coincidir exactamente con la del Productor.

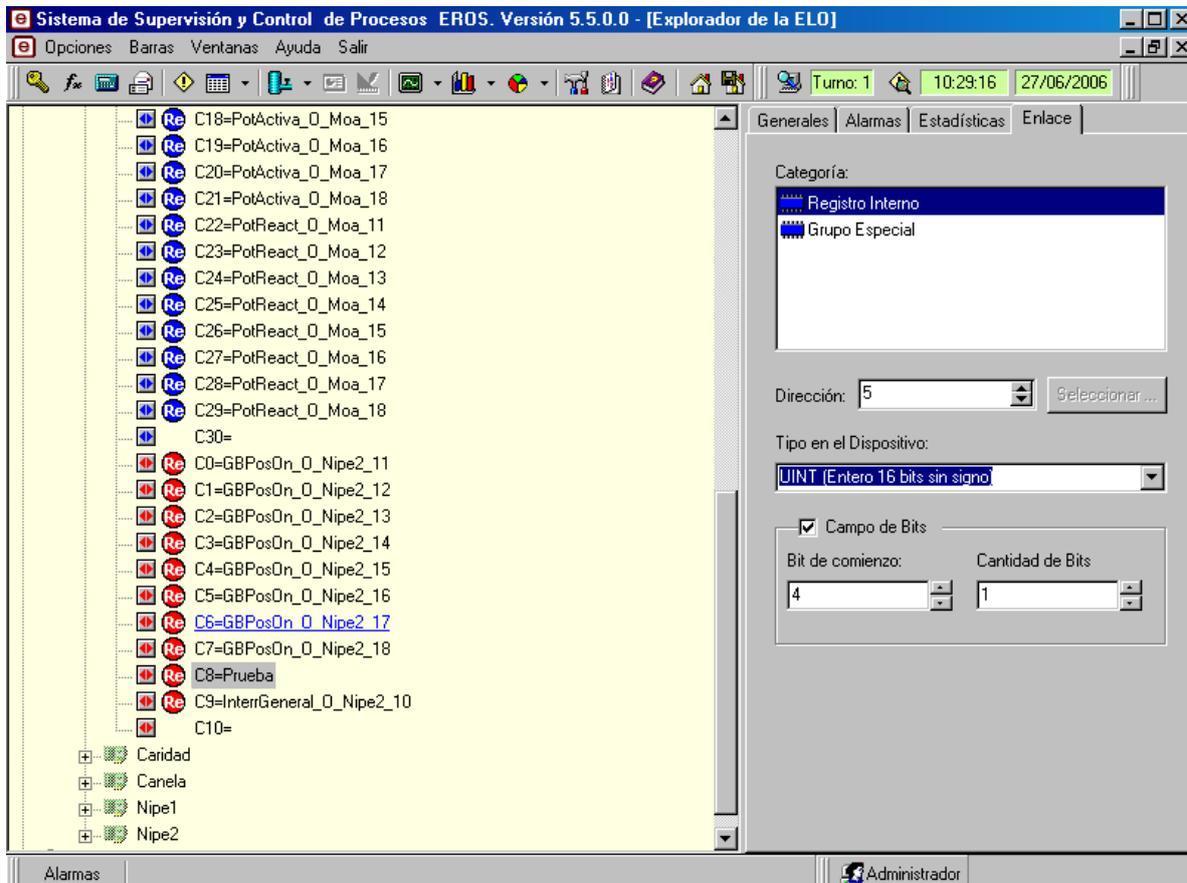


Figura 2.28. Configuración del consumidor en el SCADA EROS

## 2.6 CASOS DE USO

Los Casos de Uso se refieren al conjunto de secuencias de acciones, incluyendo variaciones, que un sistema realiza para lograr un resultado observable de valor para un actor, es decir, resultado significativo para el rol que un usuario, dispositivo de hardware, o aún otro sistema juega cuando interactúa con el sistema.

Para la adquisición de datos del SCADA EROS y su transmisión se utiliza el esquema de caso de uso mostrado en la figura 2.29. Tal como se explicó en la arquitectura del Sistema (tópico 2.1) el Productor solicita los datos al SCADA en el intervalo de tiempo previamente configurado y se transmiten mediante radio trunking, dichos datos son recolectados por el

manejador (driver) Consumidor.

En el anexo, se muestran los casos de usos referidos al programa productor, para el Menú Principal y los submenús: Aplicación, Seleccionar, Configurar, Opciones, Conexión y Mostrar que fueron explicado en la descripción del prototipo. Finalmente, se incluye el caso de uso para la Ayuda.

## **2.7 VALORACIÓN O CORROBORACIÓN DE LOS RESULTADOS ALCANZADOS**

### **2.7.1 PRUEBAS DE SISTEMA**

Se realizaron las pruebas de Sistema en dos etapas.

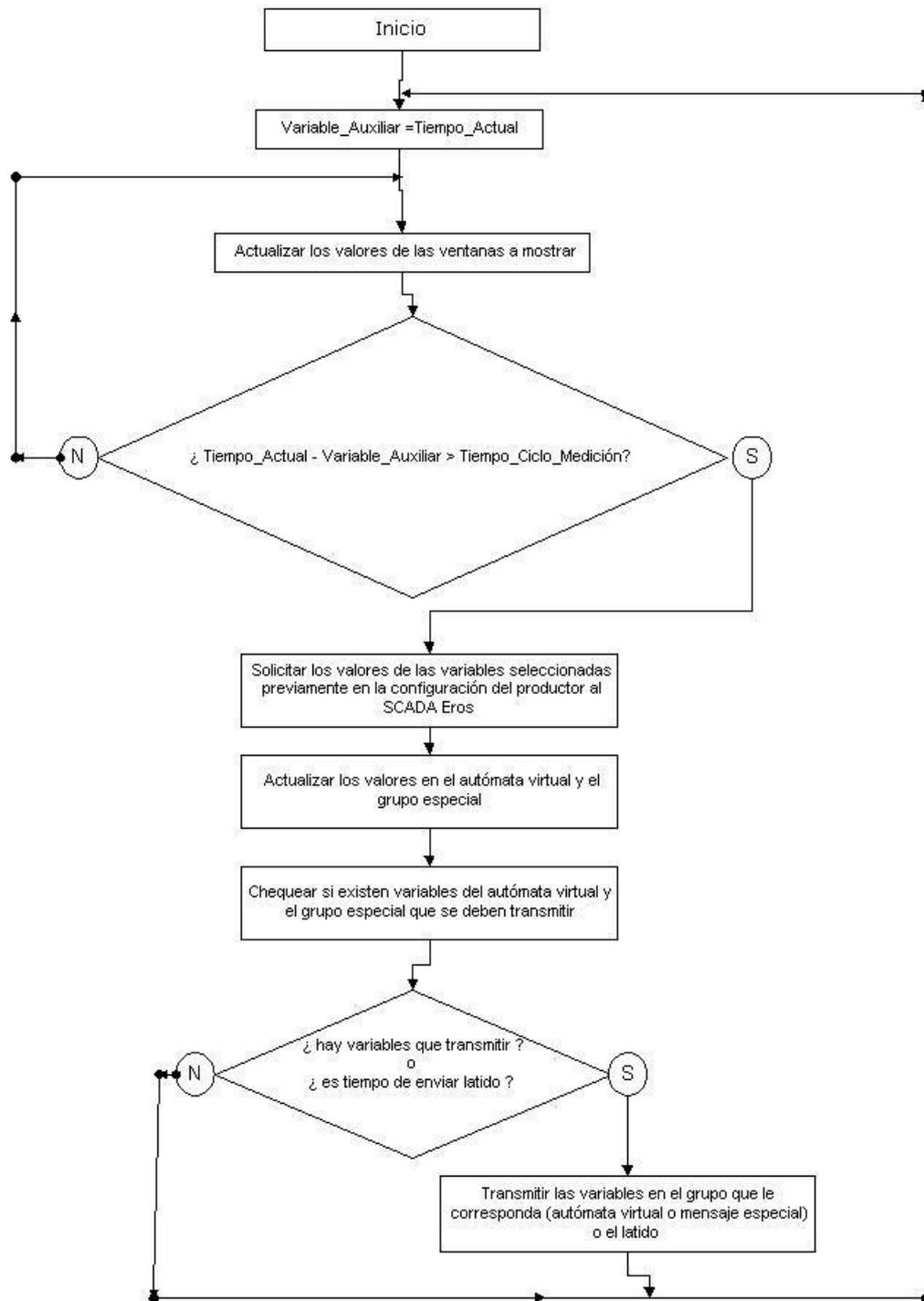
#### Etapa 01

Se realizaron pruebas de laboratorio, o sea, se montó un esquema con varios productores y un consumidor (simulando los despachos provinciales), pudiéndose verificar que los datos enviados por los productores coincidían exactamente con los recibidos en el consumidor, seguidamente se realizaron en el Grupo Aislado de Barredera, provincia Holguín. Se instaló el SCADA EROS y el Software Productor y se configuraron las variables de la generación.

En la División de Automatización, se dispuso de una PC, instaló en Software Consumidor y un radio trunking, y se realizaron las pruebas iniciales.

De las 247 variables que pueden ser leídas del DEIF, se seleccionaron para esta prueba las siguientes 7 variables:

1. Potencia activa del generador.
2. Potencia reactiva del generador.
3. Contador de energía.
4. Frecuencia del generador.
5. Voltaje de fase, L1L2.
6. Voltaje de fase, L2L3.
7. Voltaje de fase, L3L1.



Tiempo\_Actual = Tiempo que se lee desde el sistema operativo y se incrementa cada milisegundo, este se inicia cuando se inicial el windows

Figura 2.29. Caso de uso: Ciclo de adquisición de datos del SCADA EROS y su transmisión

## Etapa 02

En una segunda etapa, se ejecutaron las pruebas transmitiendo del Grupo Aislado de Barredera al Despacho Provincial de Holguín, y por la red nacional, la información se mostró en el Despacho Nacional de Carga.

Para el correcto funcionamiento del Sistema de comunicación entre PC, es de suma importancia realizar la instalación correcta de los radios, para ello se debe seguir la siguiente secuencia:

1. Comprobar la existencia de la Unidad de Radio (UR) y sus partes integrantes:
    - ✓ UR (Modelos T2030, T2035 o T2040)
    - ✓ Fuente de alimentación con salida de aproximadamente 13.8 VDC
    - ✓ Antena (Portable o Yagui)
    - ✓ Cable para la conexión a la PC, DB9 Macho-Hembra con la siguiente interconexión de pines: 2-2, 3-3 y 5-5.
    - ✓ Cable de alimentación de fuente
  
  2. Verificar que existe una interconexión correcta entre las partes mencionadas:
    - ✓ Entrada de fuente conectada a la red de suministro
    - ✓ Salida de fuente conectada a la entrada de alimentación de la UR
    - ✓ Antena (Portable o yagui).
    - ✓ Antena conectada a la entrada de antena de la UR y correctamente ubicada
    - ✓ Cable de comunicación serie entre la UR y el puerto serie a usar por el SCADA.
-

3. Proceder al encendido de la UR para iniciar la comprobación del estado de funcionamiento:

- ✓ Encender primero la fuente y posteriormente la UR empleando los interruptores correspondientes.
- ✓ Comprobar el encendido de la fuente y UR auxiliándose de los indicadores de sus paneles frontales

4. Comprobar la existencia de cobertura de radio adecuada. Al realizar el encendido de la UR se inicia el proceso de registro en el sitio correspondiente lo cual es muy sencillo de verificar. Los distintos modelos disponen de dos indicadores uno denominado SERVICE (SRVC) y otro TRANSMISSION (TX). Los modelos T2030 y T2035 tienen un LED asociado a cada uno de estos y el modelo T2040 lo hace a través del display mediante los mensajes "SRVC" y "TX". La secuencia es la siguiente:

- ✓ Indicador SRVC parpadeando = En proceso de registro
- ✓ Indicador SRVC encendido = UR registrada
- ✓ Indicador TX encendido = Transmitiendo información hacia el sitio (inicialmente de registro y posteriormente solicitudes y/o datos)
- ✓ Indicador TX apagado = No se está transmitiendo nada

Nota: Un registro satisfactorio concluye con el indicador SRVC encendido de forma continua.

5. Comprobar la dirección individual de la UR.

Esto puede hacerse auxiliándose de una UR portátil desde la cual se procede a establecer una llamada de voz a la dirección MPT1343 (formato comúnmente usado) y efectuar un diálogo para comprobar el correcto funcionamiento de la UR dentro de la

red trunking. Los modelos que tienen display durante el arranque visualizan su dirección individual, por lo que se puede efectuar un encendido para verificarlo.

- ✓ Esta dirección se muestra de forma breve por lo que hay que estar atento.
- ✓ Solo el modelo T2040 visualiza la dirección integra, el modelo T2035 solo muestra la identificación de la unidad y el modelo T2030 no muestra nada.

6. Comprobar la conexión RS232 entre la UR y la PC. Encienda la PC y arranque el SCADA EROS, si está configurado correctamente el driver del productor entonces en unos instantes se iniciará la transmisión de información lo cual se verifica observando la actividad del indicador de transmisión TX correspondiente.

- ✓ En la configuración del driver el puerto de comunicación serie tiene que estar en correspondencia con el puerto físico al cual se encuentra conectada la UR y sus parámetros de comunicación debidamente establecidos: Velocidad=9600bps, Paridad=Deshabilitada, Datos de 8 bit y 1 bit de parada.
- ✓ La actividad de TX está en función de la configuración y el estado interno de las variables, por lo que la transmisión de información no es un proceso continuo a intervalos regulares.

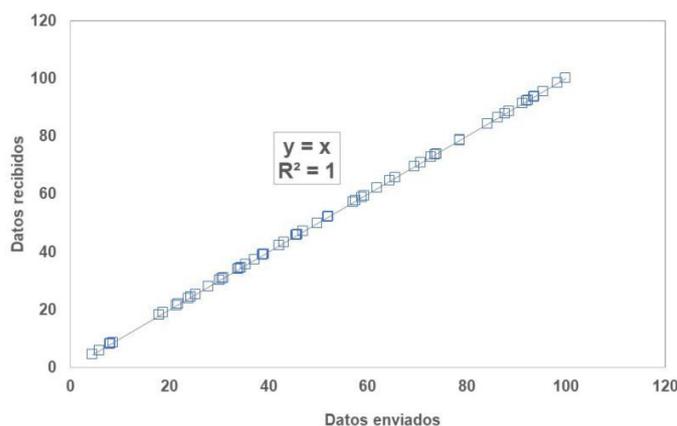
7. Comprobación final de intercambio de información entre el productor y el consumidor. Es posible determinar si el productor está entregando convenientemente la información al consumidor atendiendo al estatus de la transmisión que puede ser visto en el SCADA (Productor). No obstante, la comprobación final debe realizarse mediante una llamada de voz al despacho territorial que confirme la recepción de información, así como la validez de los valores recibidos.

8. Las URs deben ser registradas solamente en las Radio Bases que están próximas evitando el tráfico innecesario en otras Radio Bases. Aunque pudiera usarse un

registro secundario para los casos en que falle la Radio Base principal.

### 2.7.2 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

Se montó un esquema con varios productores y un consumidor (simulando los despachos provinciales), y se comprobó que los datos enviados por los productores coincidían exactamente con los recibidos en el consumidor. Después de varios días de prueba, se seleccionó un Grupo Aislado (GA) para repetir dicho experimento, se enviaron sus datos reales hasta el consumidor en el laboratorio y luego se compararon los datos de los históricos del GA con los recibidos en el laboratorio. Puede observarse en la figura 2.30 que se colocaron sobre la línea diagonal, y por lo tanto, los resultados de las pruebas fueron satisfactorias (ver tabla A-1 del anexo).



*Figura 2.30. Valores enviados y recibidos sobre la tendencia diagonal*

Teniendo en cuenta que todas las pruebas efectuadas arrojaron resultados satisfactorios, se decidió que en los Grupo Electrógenos Aislados que no tuvieran otros medios de comunicación que no fuera el Trunking y se implementara la solución desarrollada.

Actualmente se encuentra en funcionamiento en la mayoría de los emplazamientos de Grupos Aislados y algunas baterías del país, en los anexos A-23 al A-26 se muestran algunos ejemplos.

### **2.7.3 ANÁLISIS VALORATIVO DE LOS ASPECTOS ECONÓMICOS Y MEDIOAMBIENTALES**

Los Grupos Electrógenos Diesel (GED) constituyen un importante componente en el actual Sistema Electroenergético Nacional (SEN). Operan sincronizadas al Sistema Electroenergético Nacional (SEN) o de forma aislada (régimen isla) en los horarios picos cuando existe déficit de generación o ante contingencias que clasifiquen como situaciones excepcionales, en cualquiera de estos casos los despachos tendrían en tiempo real la generación aportada por cada grupo y así poder decidir el momento de su sincronización o su salida del sistema nacional.

Ante la necesidad del ahorro del combustible fósil y considerando la capacidad instalada de las plantas generadoras en Cuba, resulta imprescindible la supervisión y monitoreo de toda la generación distribuida del país.

El sistema actualmente se encuentra en funcionamiento en la mayoría de los Grupos Aislados del País en alrededor 70 emplazamientos, así como en la batería de Mango-Jobo y Paso Real de las Provincias de Mayabeque y Artemisa respectivamente, representando una sustitución de importaciones estimada de 730,0 MUSD por aplicación del SCADA EROS (ver tabla 2.1).

Debido al alto coste en equipamiento, recursos materiales, recursos humanos y además tiempo que significaría implementar otros medios de comunicaciones como por ejemplo, radio enlace o fibra óptica en lugares distantes ,aislados y en muchas ocasiones de difícil acceso, no solamente se ha implementado en la UNE, otras empresas han optado por su uso, es el caso de HIDROENERGÍA, donde en algunas pequeñas y mini hidroeléctricas se está utilizando esta vía para el envío de la información de generación, también está en uso en algunos parques solares que no cuentan con otra vía de comunicación.

*Capítulo 2. Diseño e implementación del sistema de supervisión y monitoreo con plataforma de radios trunking*

Tabla 2.1. Estimado de la sustitución de importaciones

Puestos de supervisión (u)	Precio SCADA EROS (USD)	Precio CIF	Sustitución de Importaciones (USD)
73	0,0	10000,0	730000,0

Nota. CIF: Precio estimado de compra en el exterior del SCADA EROS

## CONCLUSIONES

1. Se desarrolló un sistema de supervisión y monitoreo de la generación eléctrica distribuida de los Grupos Electrónicos Aislados y Baterías, para la transmisión de los datos fundamentales en aquellos que disponen como único medio de comunicación el Radio Trunking, con una arquitectura consistente en el modelo productor – consumidor.
2. Se desarrolló el Programa productor en plataforma Delphi 5, el cual realiza las funciones de selección y configuración de variables a enviar; parámetros de recolección y envío; así como el envío de los datos hacia el driver consumidor.
3. Se desarrolló el Driver Consumidor para el SCADA EROS, utilizando el protocolo MAP27, el cual permite la recepción de los datos de los parámetros eléctricos enviados desde el productor por radio Trunking.
4. Los resultados fueron validados y actualmente se encuentra en funcionamiento en la mayoría de los Grupos Aislados del País en alrededor 70 emplazamientos, así como en la batería de Mango-Jobo y Paso Real de las Provincias de Mayabeque y Artemisa respectivamente, para una sustitución de importaciones estimada de 730 MUSD.

## **CONCLUSIONES**

Se desarrolló el sistema de comunicación de transmisión de datos de la generación eléctrica distribuida utilizando radio trunking y el SCADA EROS, para los emplazamientos cuya única vía de comunicación solo se podía realizar con este medio.

El sistema de comunicación se basó en una arquitectura productor – consumidor, para lo cual se desarrolló una interfaz de comunicación utilizando el protocolo MAP27, la cual fue utilizada tanto por el programa productor como por el driver consumidor.

La transmisión de los datos fue satisfactoria y el sistema se encuentra en funcionamiento en la mayoría de los Grupos aislados y en baterías del País, para una sustitución de importaciones estimada de 730 M USD.

Debido al uso satisfactorio de esta vía de comunicación implementado en la UNE, otras empresas han optado por su uso, es el caso de hidroenergía, donde en algunas pequeñas y mini hidroeléctricas se está utilizando esta vía para el envío de la información de generación también está en uso en algunos parques solares que no cuentan con otra vía de comunicación.

**RECOMENDACIONES**

- Realizar la migración del Sistema hacia la red de Trunking digital.
- Que otras empresas con problemáticas iguales puedan usar esta vía para el envío de datos.

**BIBLIOGRAFÍA**

- [1] S. J. Sánchez Domínguez, "Diseño de Antenas directivas para comunicaciones Trunking", Tesis Doctoral, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, 2016.
- [2] E. Águila Méndez, "Proyecto de digitalización de la red trunking de MOVITEL SA", Tesis Doctoral, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, 2008.
- [3] J. M. Beltrán, "Sistema Trunking apto para Seguridad Pública," COORDENADAS, 2012.
- [4] M. Á. A. Díez, "Evolución de los sistemas de comunicaciones móviles terrestres," Técnica Industrial, vol. 256, p. 47, 2005.
- [6] D. A. Gavafian, "ZTE GoTa Trunk. & CDMA450 Service Worksho V5.pdf". 2010.
- [7] S. Longley, "DMR Tier II y Tier III: ¿cuál es la diferencia?", *DMR Tier II y la diferencia?*, 29-oct-2015. [En línea]. Disp <http://www.sepura.com/resources/blog/dmr-tier-ii-tier-iii-what's-the-differen>
- [8] H. Communication, "1 Hytera DMR UPDATES- SPANISH-Edwin 112011.pd
- [9] "dpmr\_mode3\_digital\_trunking.htm", *dpmr\_mode3\_digital\_trunking*, 20  
Disponible: [https://www.icom.co.jp/world/idas/dpmr/features/dpmr\\_mode3\\_digital\\_trun](https://www.icom.co.jp/world/idas/dpmr/features/dpmr_mode3_digital_trun)
- [10] (2017). TETRA 2 TEDS - Enhanced Data Service » Electronics Notes. Disponible: <https://www.electronics-notes.com/articles/connectivity/private-land-mobile-radio-pmr-lmr/tetra-2-teds.php>
- [11]"eWBB LTE Professional Broadband Trunking Solution .pdf". 18-sep-2012.
- [12]"Huawei\_1\_PPDR.pdf". 15-ene-2016.
- [13]"MOVITEL.htm", abril-2017. [En línea]. Disponible en: [www.movitel.com](http://www.movitel.com). [5] "NXDN .htm", 21 -may-2016.
- [14] UTAG, "MAP27 Interface Specification", MAP27V14.ZIP, Version 1.4, July 1995.
- [15] J. Wright, J. Kuhrt, "Serial Interface Documentation for Trunking MAP27 and PMR

Applics", 9000\_Serial\_Control\_Rev101.doc, Version 1.01, September 18, 2001.

Normas

NC-ISO/IEC 90003:2006, Ingeniería de Software.

NC-ISO/IEC 12119:2005, Tecnología de la Información - paquetes de software - requisitos de calidad de ensayos / pruebas.

## **ANEXOS**

### **Listado de figuras**

Figura A-1. Caso de Uso: Menú principal

Figura A-2. Caso de Uso: Submenú de aplicación

Figura A-3. Caso de Uso: Submenú Seleccionar

Figura A-4. Caso de Uso: Submenú Configurar

Figura A-5. Caso de Uso: Submenú opciones

Figura A-6. Caso de Uso: Sub menú conexión

Figura A-7. Caso de Uso: Sub mostrar

Figura A-8. Caso de Uso: Submenú ayuda

Figura A-9. Cobertura Pinar del Río

Figura A-10. Cobertura La Habana

Figura A-11. Cobertura Ciudad Habana

Figura A-12. Cobertura Isla de la Juventud

Figura A-13. Cobertura Matanzas

Figura A-14. Cobertura Cienfuegos

Figura A-15. Cobertura Villa Clara

Figura A-16. Cobertura Sancti Spiritus

Figura A-16. Cobertura Ciego de Ávila

Figura A-17. Cobertura Camagüey

Figura A-18. Cobertura Las Tunas

Figura A-19. Cobertura Granma

Figura A-20. Cobertura Holguín

Figura A-21. Cobertura Santiago de Cuba

Figura A-22. Cobertura Guantánamo

Figura A-23 emplazamientos con transmisión por trunking en pinar del rio

Figura A-24 emplazamientos con transmisión por trunking en artemisa

Figura A-25 emplazamientos con transmisión por trunking en ciudad habana

Figura A-26 emplazamientos con transmisión por trunking en mayabeque

Figura A-27 Valores de prueba realizada en el laboratorio

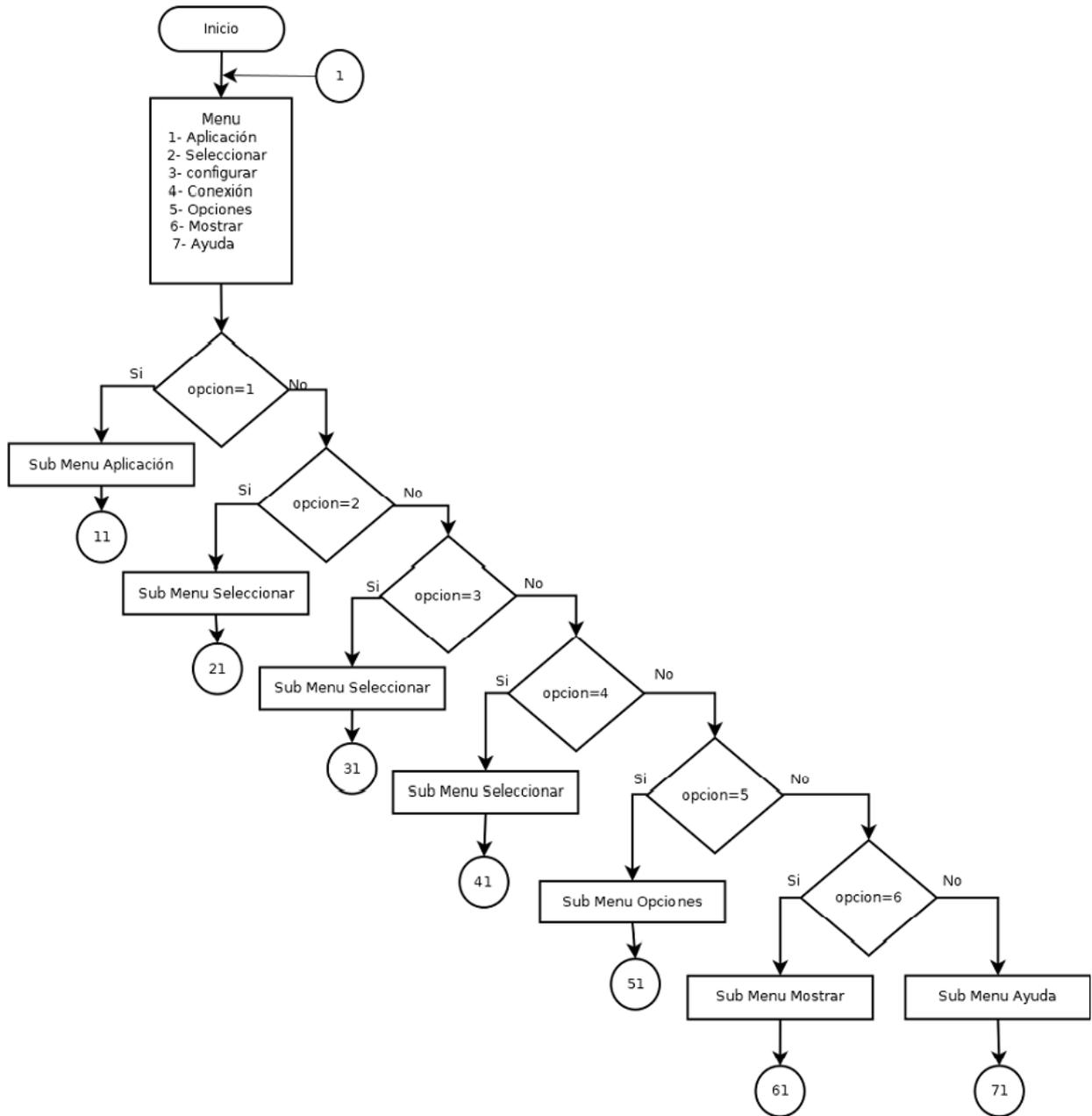


Figura A-1. Caso de Uso: Menú principal

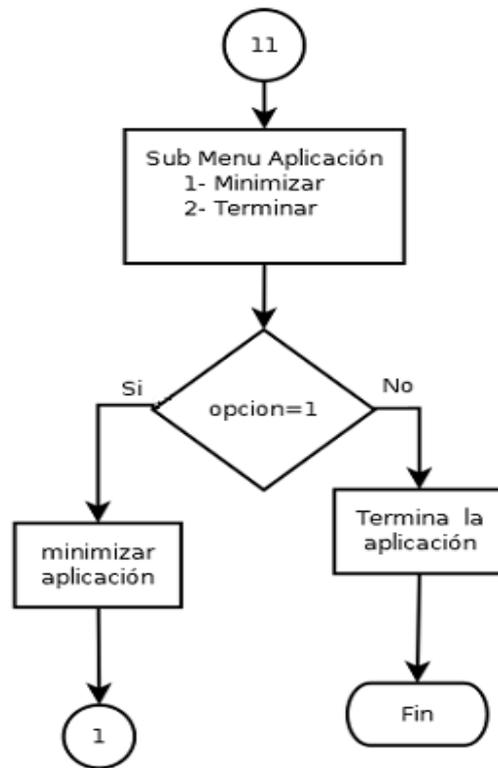


Figura A-2. Caso de Uso: Submenú de aplicación

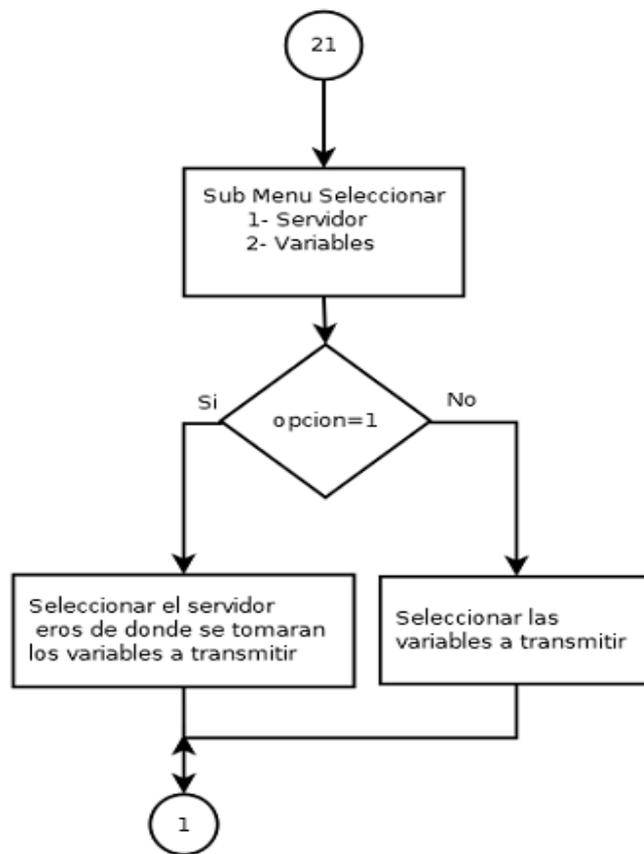


Figura A-3. Caso de Uso: Submenú Seleccionar

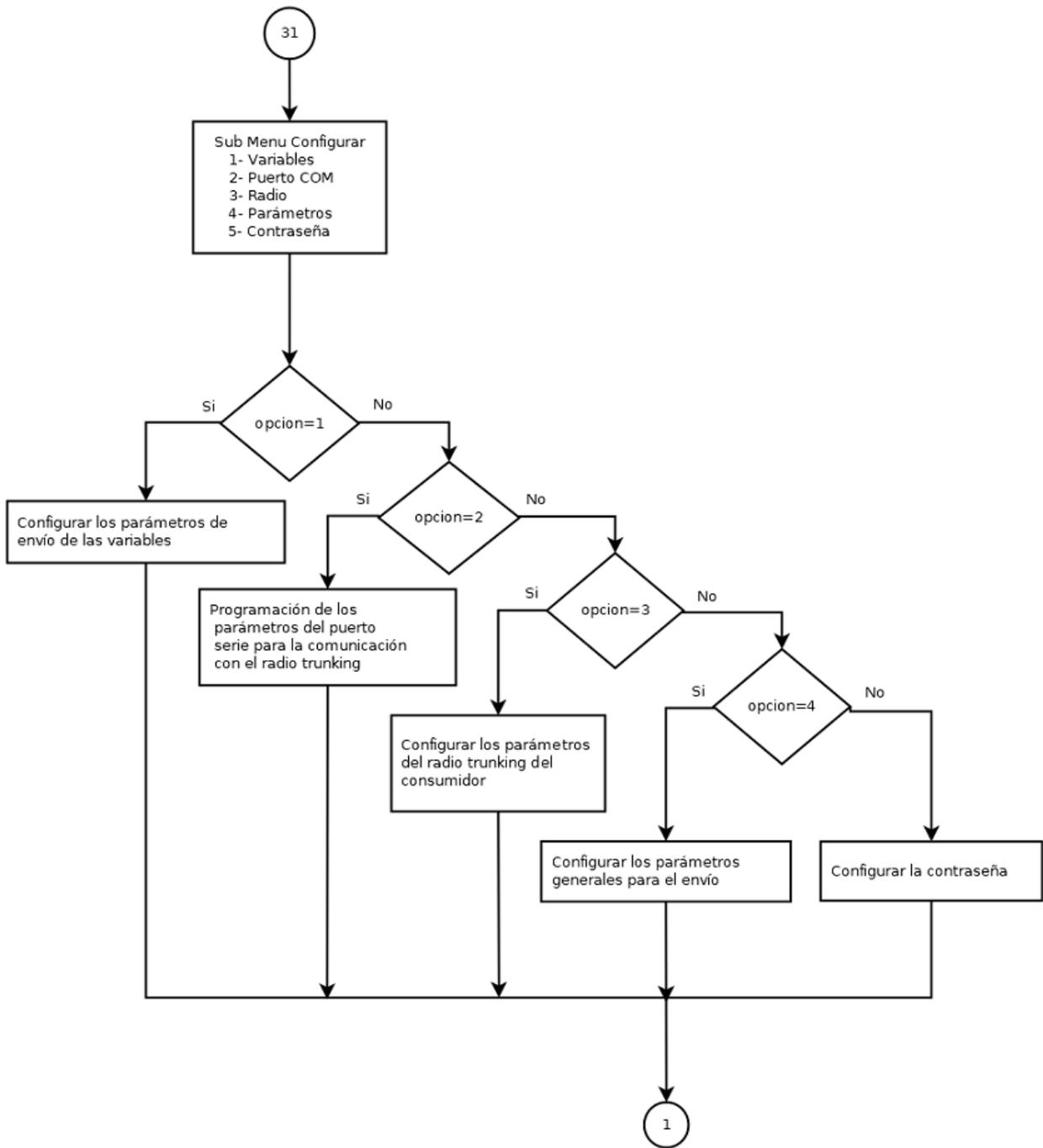


Figura A-4. Caso de Uso: Submenú Configurar

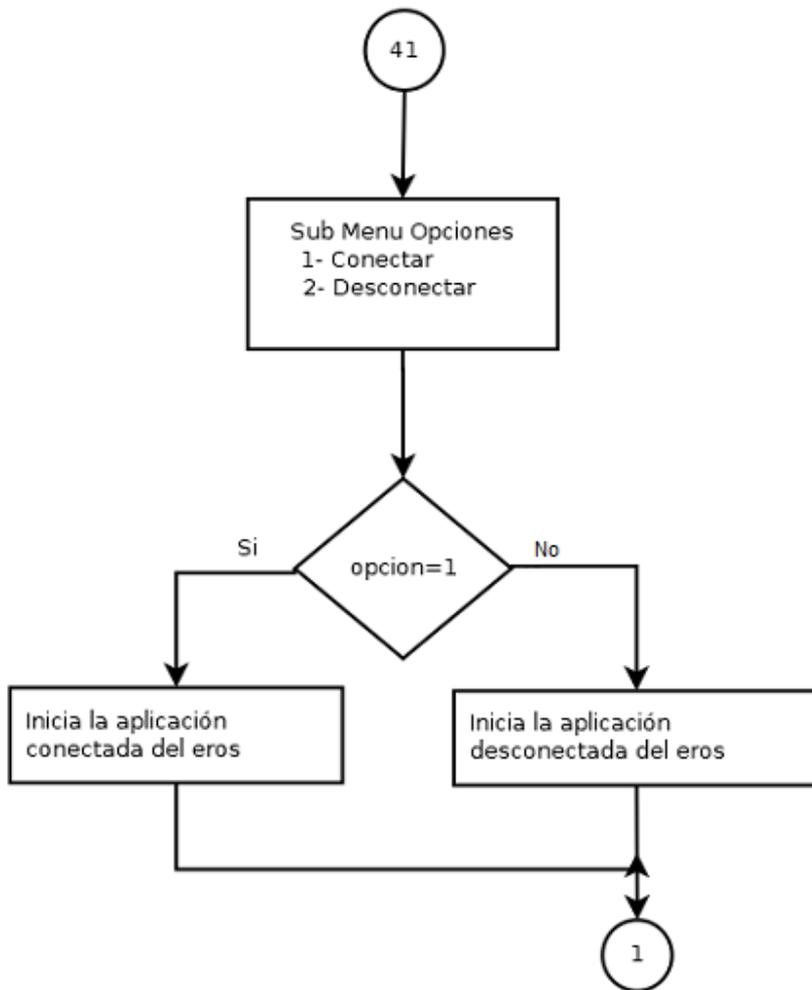


Figura A-5. Caso de Uso: Submenú opciones

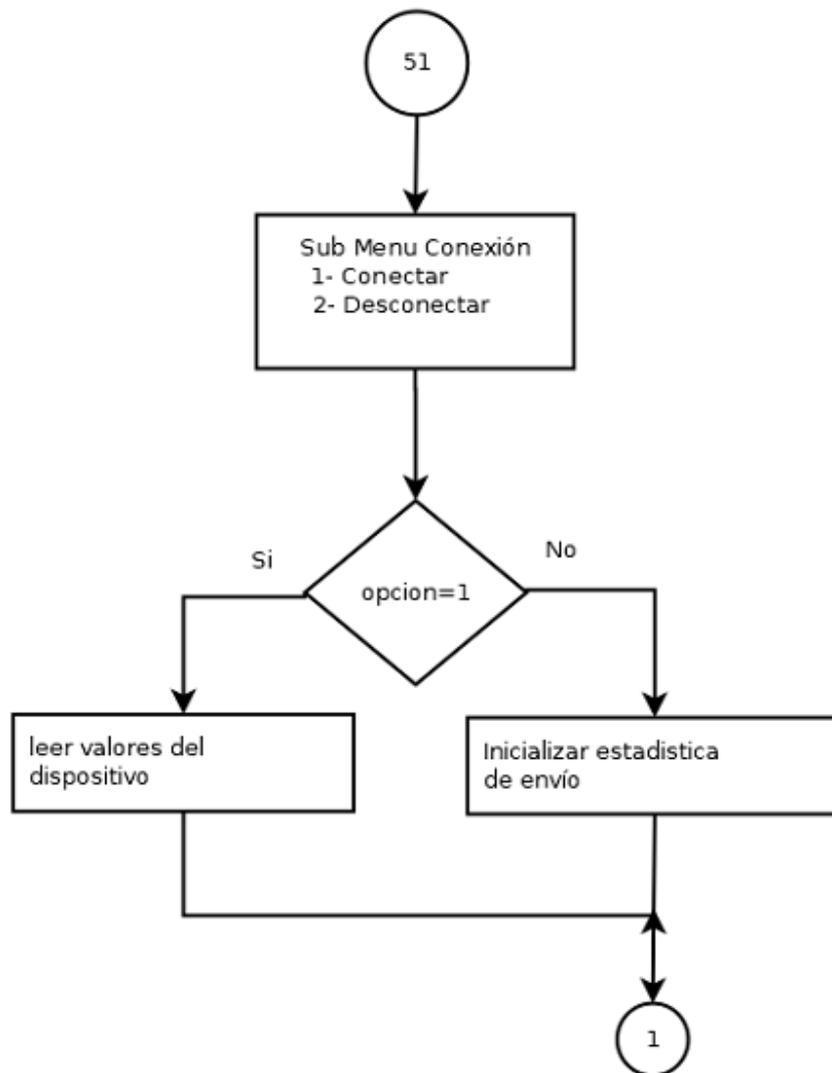


Figura A-6. Caso de Uso: Submenú conexión

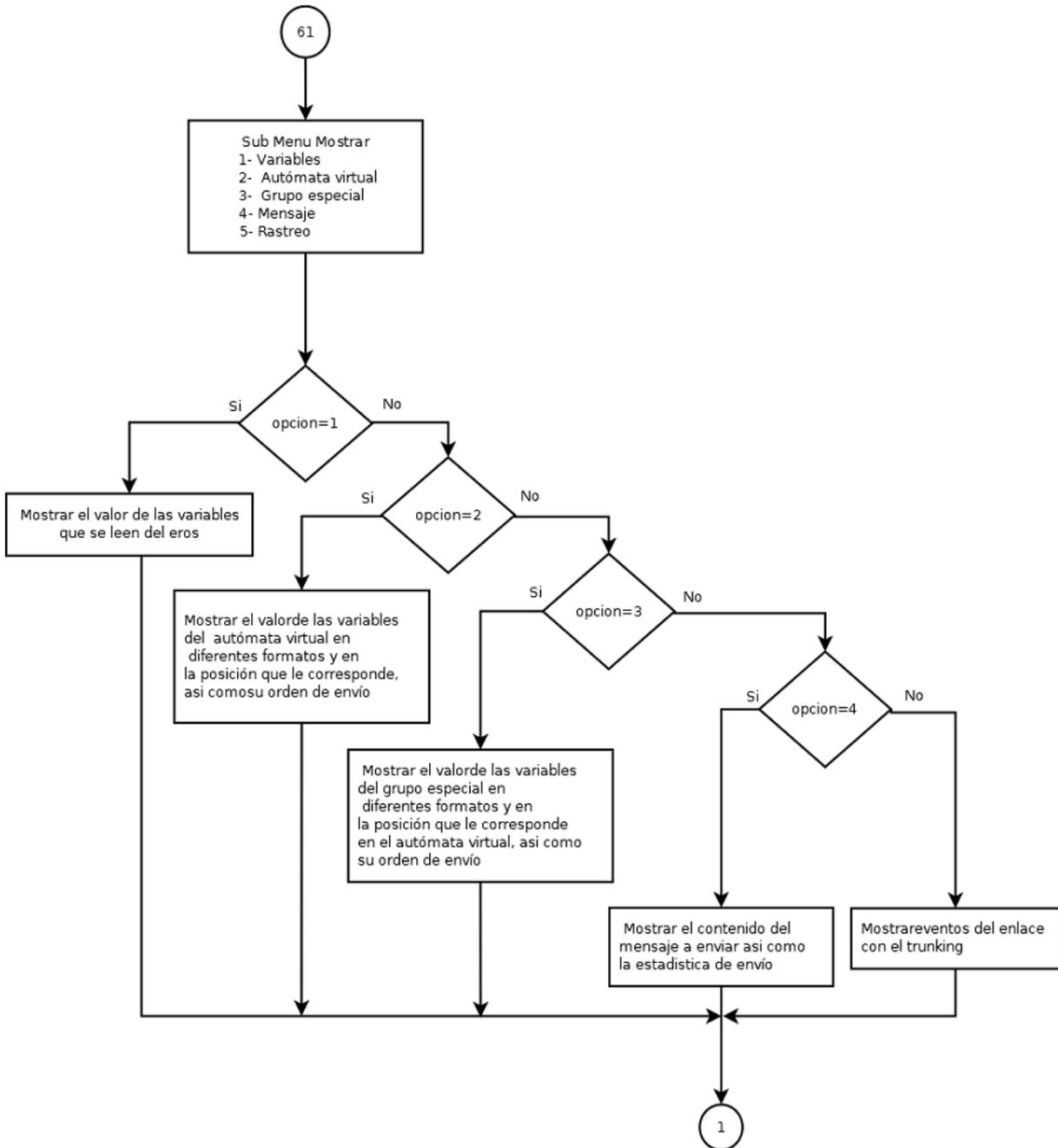


Figura A-7. Caso de Uso: Sub mostrar

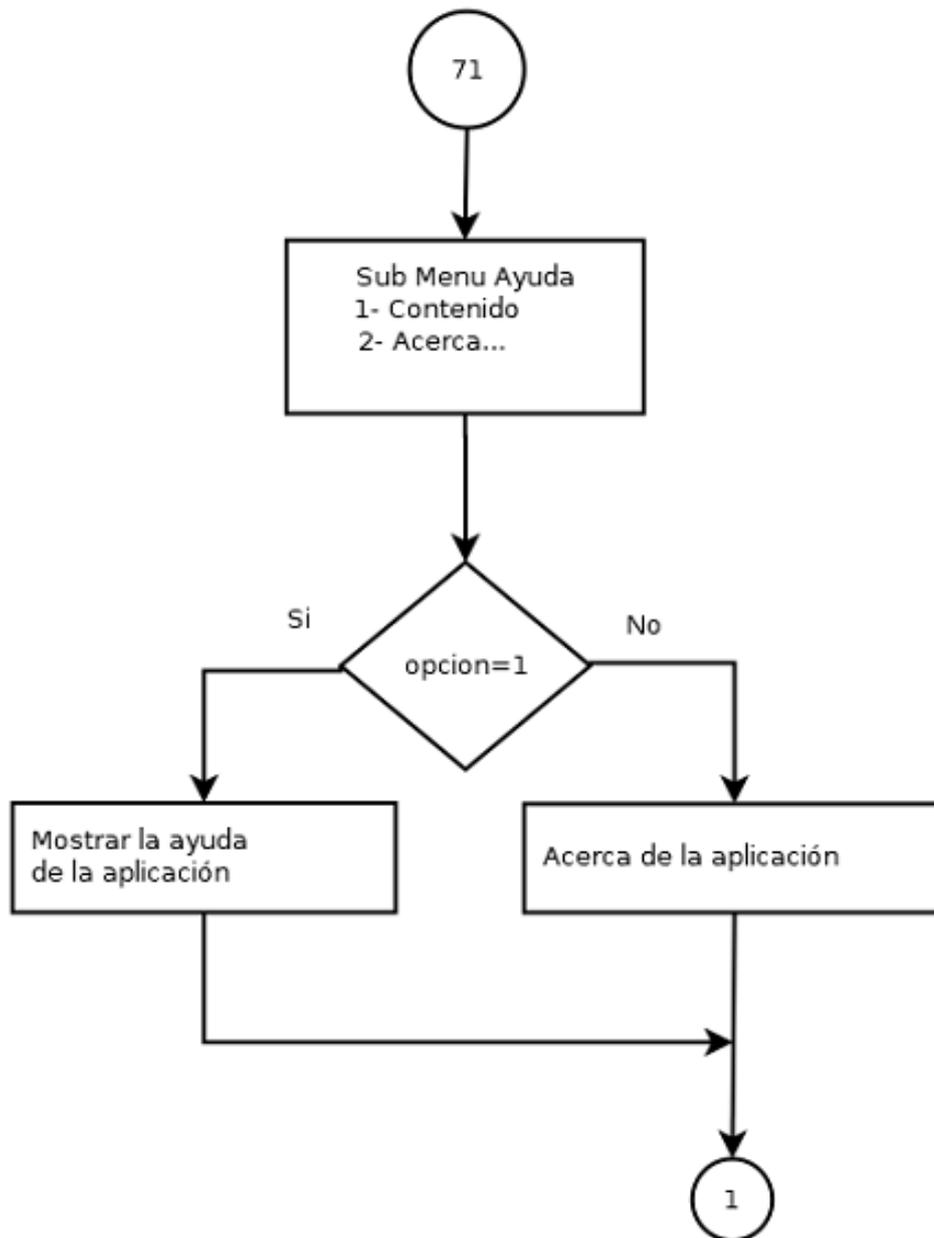


Figura A-8. Caso de Uso: Submenú ayuda



Figura A-9. Cobertura Pinar del Río

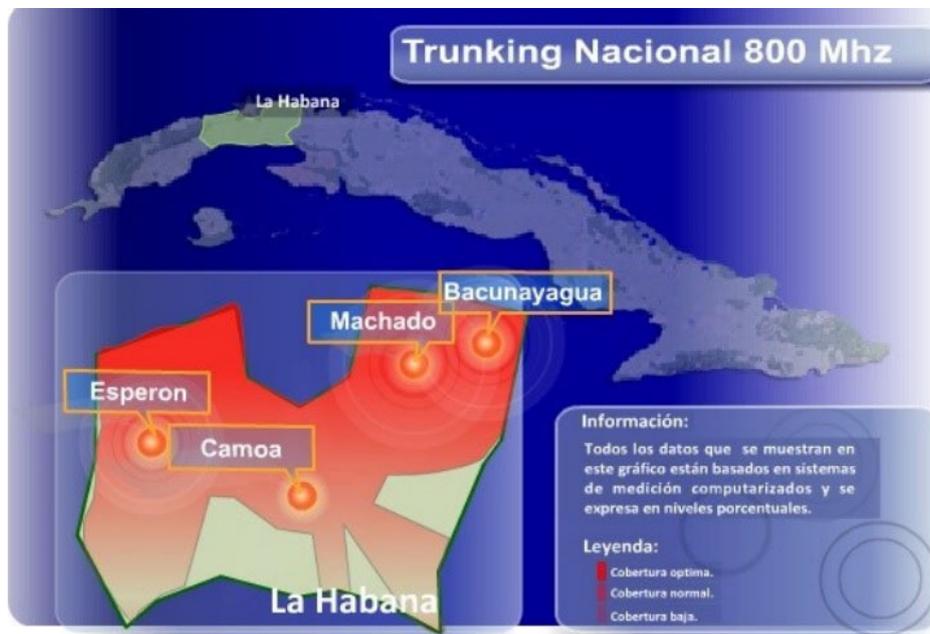


Figura A-10. Cobertura La Habana



Figura A-11. Cobertura Ciudad Habana



Figura A-12. Cobertura Isla de la Juventud

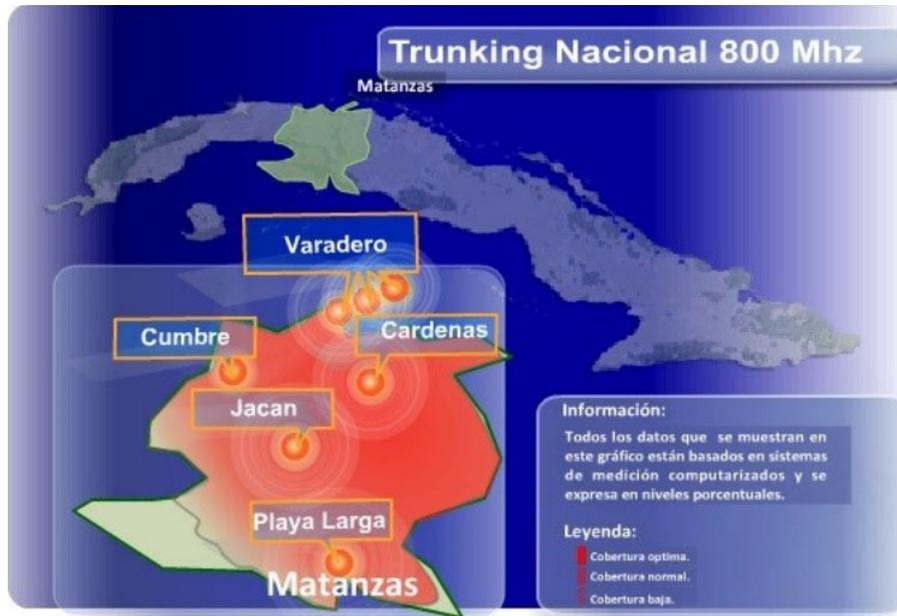


Figura A-13. Cobertura Matanzas



Figura A-14. Cobertura Cienfuegos



Figura A-15. Cobertura Villa Clara



Figura A-16. Cobertura Sancti Spiritus



Figura A-16. Cobertura Ciego de Ávila



Figura A-17. Cobertura Camagüey



Figura A-18. Cobertura Las Tunas



Figura A-19. Cobertura Granma



Figura A-20. Cobertura Holguín



Figura A-21. Cobertura Santiago de Cuba



Figura A-22. Cobertura Guantánamo



Figura A-23 emplazamientos con transmisión por trunking en Pinar del Río

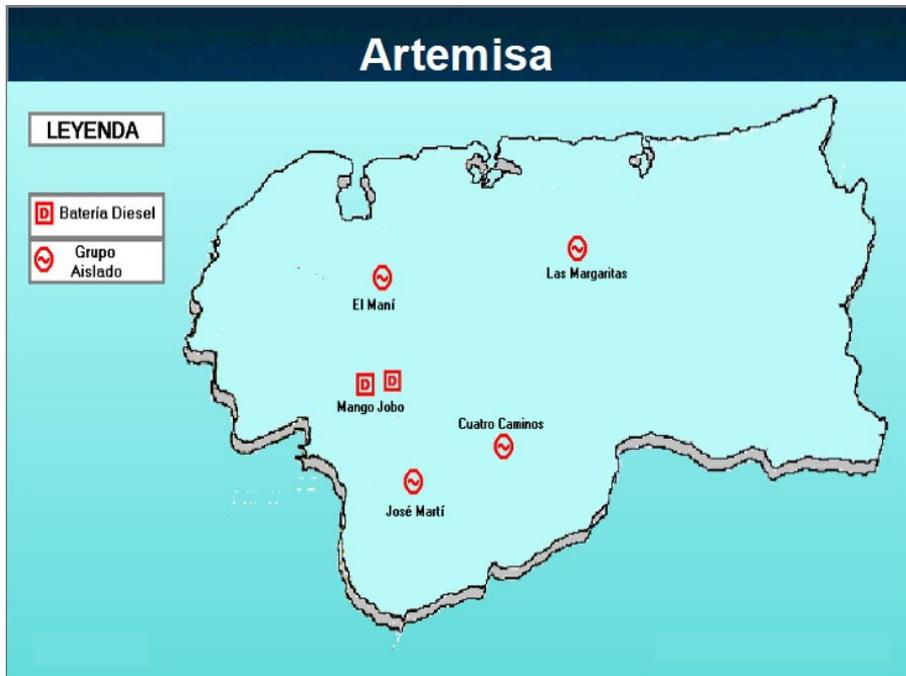


Figura A-24 emplazamientos con transmisión por trunking en artemisa



Figura A-25 emplazamientos con transmisión por trunking en ciudad habana

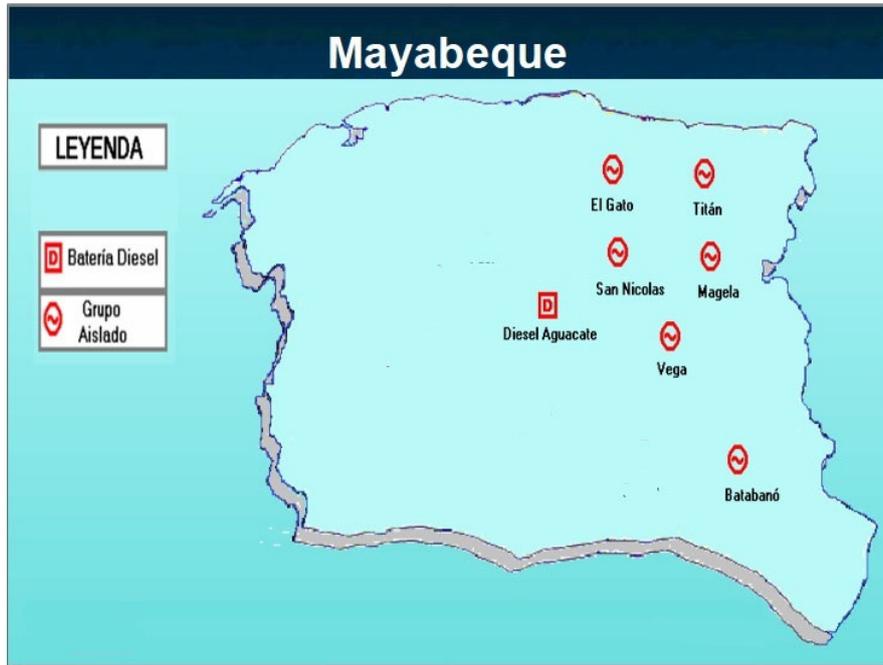


Figura A-26 emplazamientos con transmisión por trunking en mayabeque

Tabla A-1. Valores de prueba realizada en el laboratorio

<b>Prueba realizada en laboratorio. Simulación de emplazamiento y despacho</b>					
<b>Valores enviados en el productor</b>			<b>Valores recibidos en el consumidor</b>		
SCADA Emplazamiento	Entero 16 Bits	Real 32 Bits	SCADA Despacho	Entero 16 Bit	Real 32 Bits
Tiempo	VP1	VP2	Tiempo	VC1	VC2
10:00:00	15640	27,92	10:01:00	15640	27,92
10:01:00	6249	45,67	10:02:00	6249	45,67
10:02:00	27655	33,82	10:03:00	27655	33,82
10:03:00	3069	91,24	10:04:00	3069	91,24
10:04:00	16811	64,51	10:05:00	16811	64,51
10:05:00	11730	52,13	10:06:00	11730	52,13
10:06:00	2235	61,97	10:07:00	2235	61,97
10:07:00	27420	18,02	10:08:00	27420	18,02
10:08:00	1221	93,68	10:09:00	1221	93,68
10:09:00	1618	57,62	10:10:00	1618	57,62
10:10:00	32025	45,62	10:11:00	32025	45,62
10:11:00	26506	92,46	10:12:00	26506	92,46
10:12:00	3833	87,70	10:13:00	3833	87,70
10:13:00	5674	21,83	10:14:00	5674	21,83
10:14:00	1329	30,96	10:15:00	1329	30,96

---

10:15:00	312	72,82		10:16:00	312	72,82
10:16:00	16619	84,21		10:17:00	16619	84,21
10:17:00	13052	43,12		10:18:00	13052	43,12
10:18:00	25285	8,65		10:19:00	25285	8,65
10:19:00	23476	88,51		10:20:00	23476	88,51
10:20:00	1228	49,87		10:21:00	1228	49,87
10:21:00	32519	24,33		10:22:00	32519	24,33
10:22:00	6419	58,91		10:23:00	6419	58,91
10:23:00	5970	93,59		10:24:00	5970	93,59
10:24:00	24589	59,37		10:25:00	24589	59,37
10:25:00	2268	30,62		10:26:00	2268	30,62
10:26:00	8935	52,00		10:27:00	8935	52,00
10:27:00	27112	91,34		10:28:00	27112	91,34
10:28:00	15430	23,93		10:29:00	15430	23,93
10:29:00	2152	73,93		10:30:00	2152	73,93
10:30:00	8048	39,04		10:31:00	8048	39,04
10:31:00	3008	5,89		10:32:00	3008	5,89
10:32:00	31635	39,10		10:33:00	31635	39,10
10:33:00	19813	73,69		10:34:00	19813	73,69
10:34:00	30379	95,42		10:35:00	30379	95,42
10:35:00	31859	86,30		10:36:00	31859	86,30
10:36:00	3403	8,07		10:37:00	3403	8,07

---

10:37:00	19789	69,40		10:38:00	19789	69,40
10:38:00	26708	4,47		10:39:00	26708	4,47
10:39:00	15376	35,50		10:40:00	15376	35,50
10:40:00	177	47,03		10:41:00	177	47,03
10:41:00	3458	25,34		10:42:00	3458	25,34
10:42:00	10708	34,25		10:43:00	10708	34,25
10:43:00	6462	57,14		10:44:00	6462	57,14
10:44:00	13178	42,22		10:45:00	13178	42,22
10:45:00	6891	8,20		10:46:00	6891	8,20
10:46:00	19517	92,14		10:47:00	19517	92,14
10:47:00	17932	18,83		10:48:00	17932	18,83
10:48:00	16544	45,89		10:49:00	16544	45,89
10:49:00	2675	78,62		10:50:00	2675	78,62
10:50:00	10737	38,85		10:51:00	10737	38,85
10:51:00	12594	98,32		10:52:00	12594	98,32
10:52:00	14361	70,74		10:53:00	14361	70,74
10:53:00	23063	30,23		10:54:00	23063	30,23
10:54:00	19973	65,68		10:55:00	19973	65,68
10:55:00	3186	37,18		10:56:00	3186	37,18
10:56:00	4902	78,65		10:57:00	4902	78,65
10:57:00	19194	34,50		10:58:00	19194	34,50
10:58:00	19463	99,99		10:59:00	19463	99,99

---

10:59:00	11860	21,50		11:00:00	11860	21,50
----------	-------	-------	--	----------	-------	-------