



VII/CE-C2-07

## IMPLEMENTACION DEL CENTRO DE OPERACIÓN REGIONAL METROPOLITANO (COR-M) EN LA DESCENTRALIZACION DE LA OPERACIÓN DEL SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL

Ing. Alcides Hernando Chávez Espínola  
Administración Nacional de Electricidad  
Paraguay

### 1. *Resumen*

Este trabajo describe el proceso y metodología de descentralización del Sistema Interconectado Nacional paraguayo a través de la implementación de los Centros de Operación Regional. Hace especial énfasis en la implementación del Centro de Operación Regional Metropolitano (COR-M), los criterios de asignación de su área de responsabilidad, las etapas previstas de su implementación, la conformación de su infraestructura, cobertura, funciones y actividades. También se describen las funciones del SCADA Sherpa de ELIOP y EMS de PTI, herramientas fundamentales en la gestión del COR-M. Finalmente, un recuento de las fortalezas y necesidades de mejora detectadas a partir de la experiencia adquirida desde su entrada en operación.

### 2. *Palabras clave*

- CNDC (Centro Nacional de Despacho de Carga)
- COR-M (Centro de Operación Regional Metropolitano)
- SCADA (Sistema de Supervisión y Adquisición de Datos)
- EMS (Sistema de Gestión de Redes Eléctricas)

### 3. *Descentralización de la operación del SIN*

El Sistema Interconectado Nacional (SIN) está dividido en los siguientes subsistemas de transmisión:

- Sistema Metropolitano
- Sistema Central
- Sistema Norte-Oeste
- Sistema Este
- Sistema Sur

Cada subsistema de transmisión está compuesto por los locales (Estaciones y Subestaciones) correspondientes a los mismos y las LTs que los interconectan.

El Despacho de Carga (DC) mantiene un “Mural mímico” que representa el SIN, que contiene los circuitos y elementos de maniobra (seccionadores e interruptores) y en el cual se representa el estado de los mismos en tiempo real (abierto o cerrado) en la medida en que tales estados son solicitados y realizados y confirmados por los operadores de los locales.

---

**Ing. Alcides Hernando Chávez Espínola**

Centro de Operación Regional Metropolitano – ANDE

Teléfono: +595 21 217 2863

e-mail: [alcides\\_chavez@ande.gov.py](mailto:alcides_chavez@ande.gov.py) – [nandochz@yahoo.com](mailto:nandochz@yahoo.com)

### 3.1 Operación tradicional del SIN

La supervisión y coordinación de la operación de los sistemas de transmisión y distribución de la ANDE estaban centralizadas en el DC, centro de control en el cual se realizaban todas las actividades de operación del sistema y coordinación de maniobras ejecutadas en cualquier punto de la red eléctrica. Tenía a su cargo los sistemas de generación y transmisión en 220 y 66 kV y distribución en 23 kV, inclusive, que alimentan las redes a cargo del Dpto. Operación de Redes de Distribución (DOM/OD) y Agencias Regionales.

La supervisión del sistema de generación y transmisión incluye el control de los flujos de potencia, demanda, niveles de tensión, frecuencia, y otros; así como el control de los intercambios, parámetros de generación, previsión de demanda y calidad de la energía.

También, la autorización para disponibilidad de instalaciones y supervisión de todas las actividades de mantenimiento realizadas sobre equipos de potencia de Estaciones y Subestaciones (EESS y SSEE).

Para tal efecto, en el DC estaban disponibles las medidas eléctricas de algunos locales del sistema metropolitano (y del SIN) a través del SCADA Powerlink. Los datos de los demás locales del Sistema Interconectado Nacional (SIN), a través de valores proveídos por los operadores de EESS y SSEE y registrados en el DC, vía radio, de acuerdo a una periodicidad y procedimientos predeterminados. Para las intervenciones de mantenimiento, las Autorizaciones de Trabajo (ATs) eran habilitadas en coordinación con los operadores de los locales.

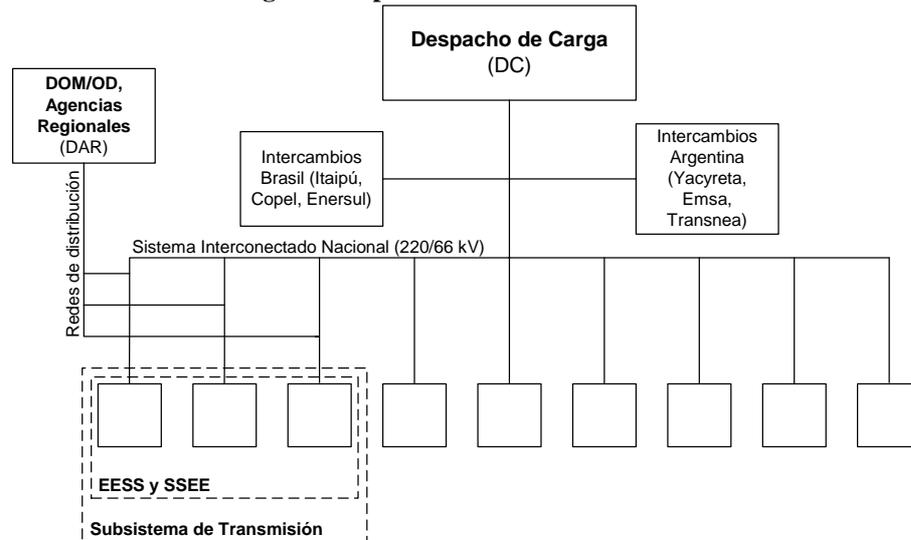
El control sobre el sistema eléctrico se realizaba transmitiendo a los operadores de locales afectados las maniobras a ser ejecutadas por éstos y recibiendo y registrando los resultados.

Con la incorporación del monitoreo y control de las redes eléctricas de transmisión y distribución a través de sistemas SCADA, se descentralizan las actividades del DC en cuanto a la supervisión y control de redes de transmisión en 66 kV y de distribución en 23 kV. Se crean los Centros de Operación Regional (CORs) que tendrán a su cargo el monitoreo, control y supervisión de todas las actividades de operación en las redes eléctricas de transmisión en 66 kV y distribución en 23 kV.

Pueden mencionarse las siguientes características respecto de la operación centralizada del SIN:

- Supervisión de parámetros eléctricos de la red de transmisión (220 y 66 kV) y distribución (demanda de alimentadores en 23 kV) del SIN a través del SCADA Powerlink (Sistema Metropolitano) y medidas eléctricas de campo proveídas por los operadores de EESS y SSEE.
- Control de parámetros eléctricos del sistema a través de maniobras solicitadas por radio a los operadores de EESS y SSEE y registro de resultados transmitidos.
- Importancia del “Mural mímico” para registro del estado de los elementos de corte y necesaria presencia de un operador para la ejecución de maniobras, transmisión de medidas eléctricas, habilitación de ATs y otras novedades en locales.
- Gestión centralizada de la operación (supervisión y control) del SIN en todos sus niveles de tensión y distribución en la demanda de alimentadores.

**Figura 1: Operación tradicional del SIN**



### 3.2 Centros de Operación Regional

Con la incorporación del SCADA Sherpa como herramienta para la supervisión, monitoreo y control de la interconexión eléctrica la modalidad de operación del SIN pasa a ser distinta. El DC, en el cual se centralizaban todas las actividades de operación a través de los métodos descritos, pasa a ser denominado Centro Nacional de Despacho de Carga (CNDC) y seguirá desempeñando la función de Centro de Operación del Sistema (COS), centrando sus actividades sobre la red básica de transmisión en 500 y 220 kV, previsión de demanda e intercambios con las centrales de generación e interconexiones internacionales, entre otras.

Son creados los CORs, centros de control que estarán encargados de la supervisión, monitoreo y control de los subsistemas de transmisión en 66 kV alimentadores en 23 kV.

Los CORs a ser implementados son:

- Centro de Operación Regional Metropolitano (COR-M) en Asunción.
- Centro de Operación Regional Central (COR-C) en Coronel Oviedo.
- Centro de Operación Regional Norte-Oeste (COR-N) en Horqueta.
- Centro de Operación Regional Este (COR-E) en Ciudad del Este.
- Centro de Operación Regional Sur (COR-S) en Coronel Bogado.

En el ámbito de distribución se tendrá una filosofía de operación semejante, con centros de control regionales de distribución.

### 3.3 Jerarquía de la operación del SIN

El CNDC es el órgano responsable de la coordinación de la operación del SIN de la ANDE, de las interconexiones con sistemas eléctricos de otras empresas y de suministros especiales.

Los CORs están encargados de la operación de los subsistemas regionales de transmisión y distribución asignados a sus respectivas áreas de responsabilidad. Las áreas de responsabilidad están conformadas por los locales, equipos y niveles de tensión definidos como alcance de cada COR. Siempre subordinados al CNDC, los CORs tienen plena potestad en la operación integral de los equipos y circuitos asignados a su área de responsabilidad, acorde a los Manuales de Funcionamiento en vigencia para cada COR.

Con la descentralización de las actividades del CNDC, se espera obtener los siguientes beneficios:

- Fortalecer la planificación y mejorar la gestión operacional del sistema interconectado con optimización económica.
- Mejorar la reposición y calidad del servicio.

- Incorporación de herramientas de apoyo a la operación que permitirán: disponer de información en tiempo real, análisis del comportamiento de la red eléctrica en tiempo real, estudios de operación y análisis de contingencias.
- Optimizar recursos humanos y técnicos.

#### 4. Implementación del Centro de Operación Regional Metropolitano (COR-M)

Desde setiembre de 2004 se encuentra en operación experimental el COR-M, cuyo centro de control se encuentra en el edificio de la SE-SMI, en Asunción.

El COR-M es el órgano encargado de la coordinación operativa, la supervisión y el control de los circuitos de 66 y 23 kV de locales asignados a su área de responsabilidad. Tiene a su cargo las actividades de Pre y Pos-operación y Operación en tiempo real, del sistema de transmisión metropolitano.

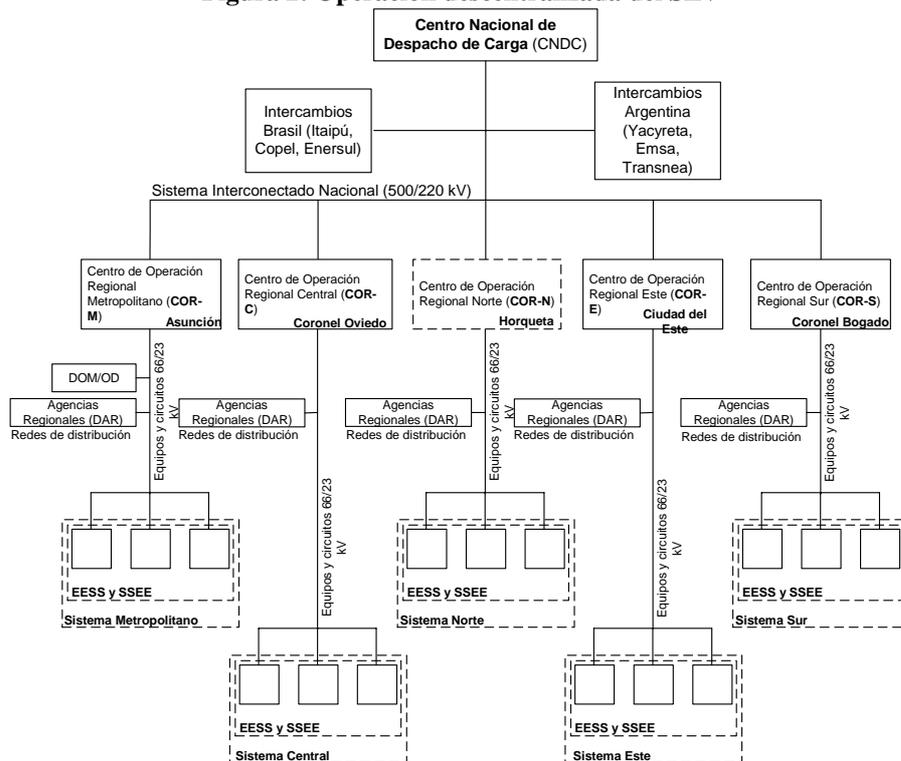
Opera los equipos y circuitos de su dominio, incluyendo la ejecución de maniobras de manera autónoma; excepto aquellos equipos o dispositivos que afecten a la operación del Sistema Interconectado (Ej. SS AA de las instalaciones de los Compensadores Estáticos de Reactivos), para lo cual se debe obtener autorización previa del CNDC y coordinar con éste las maniobras a realizar.

Desarrolla sus actividades en coordinación con el CNDC y con los demás órganos de la empresa, para que el suministro eléctrico sea atendido en todo momento, con la calidad, continuidad y confiabilidad correspondiente; en especial, lo relacionado con recomposición de equipos y/o circuitos de su área de responsabilidad, luego de los eventos que resulten en la interrupción del servicio de los mismos.

El COR-M está subordinado operativamente al CNDC y dará prioridad a las instrucciones emanadas del mismo y las vigentes en el COR-M.

Las unidades de distribución (DOM/OD, DAR/MC y DAR/ZS) son los órganos responsables de la operación de las redes de distribución y el servicio de los usuarios de la región metropolitana según cada zona correspondiente.

**Figura 2: Operación descentralizada del SIN**



##### 4.1 Asignación del área de responsabilidad del COR-M

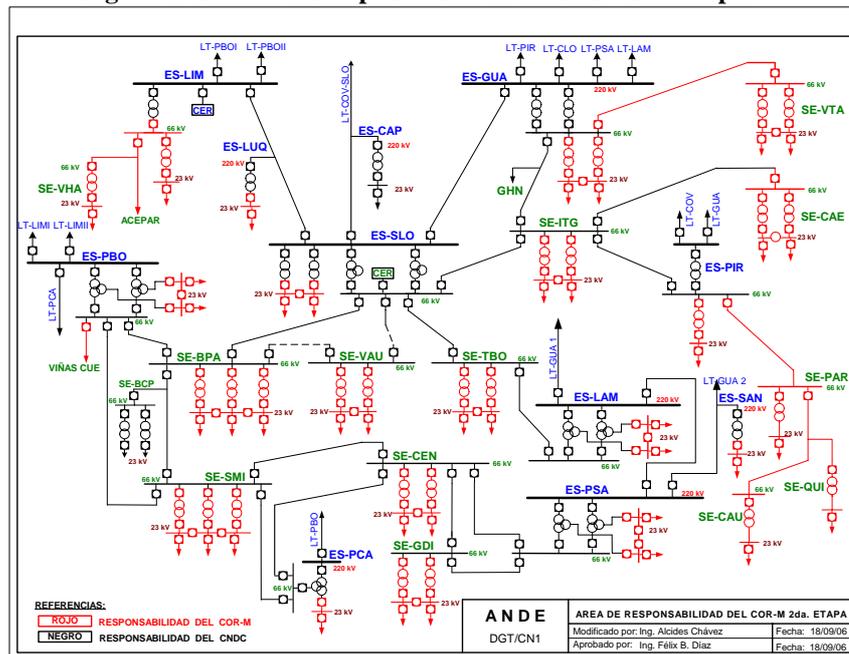


- *Tercera etapa:* operación de las interconexiones en 66 kV de locales del sistema metropolitano (anillo metropolitano de 66 kV).

A la fecha, el COR-M se encuentra muy avanzado en la segunda etapa de su implementación. Además de los locales incorporados en la primera etapa, los demás locales bajo su área de responsabilidad son:

- Estación San Lorenzo (ES-SLO)
- Estación Parque Caballero (ES-PCA)
- Estación Guarambaré (ES-GUA)
- Estación Pirayú (ES-PIR)
- Estación Luque (ES-LUQ)
- Subestación Itauguá (SE-ITG)
- Subestación Caacupé (SE-CAE)
- Subestación Quiindy (SE-QUI) (no cuenta con SS)
- Subestación Caapucú (SE-CAU) (no cuenta con SS)

**Figura 4: Locales correspondientes al CORM – 2da. etapa**



#### 4.3 Conformación y descripción de actividades

El COR-M cuenta con una Asistencia Técnica encargada de colaborar con los Operadores para el cumplimiento óptimo de sus funciones.

Las actividades de la misma son clasificadas en:

- Actividades de pre-despacho;
- Actividades de pos-despacho;
- Actividades asociadas a la operación en tiempo real;
- Actividades de levantamiento y análisis de datos;
- Actividades de asistencia en la planificación y desarrollo de proyectos;
- Actividades de gestión asociada al sistema supervisor;
- Otras actividades asociadas.

El COR-M está cubierto las 24 hs del día, todos los días del año en turnos continuos rotativos. Cuenta con un plantel de Operadores de sala de control, cuyas responsabilidades son:

- Controlar, maniobrar y operar los equipos correspondientes al área de responsabilidad del COR-M a través del sistema supervisor y en coordinación con los operadores de los locales u Operadores Volantes.
- Registrar las telemidas de los parámetros eléctricos de cada local a cada hora (o con la periodicidad requerida), en las planillas correspondientes, utilizando los medios vigentes destinados al efecto.

- En los casos de perturbaciones que afectan instalaciones dentro del área de responsabilidad del COR-M, ejecutar a través de telemando las maniobras necesarias para su recomposición, manteniendo informado al CNDC sobre los eventos ocurridos y las providencias tomadas. Salvo excepciones, el operador del COR-M se registrará por las Instrucciones de Operación emanadas del CNDC.
- Anticipar, postergar o cancelar trabajos ya iniciados o programados en caso de urgencia dentro del área de responsabilidad del COR-M.
- Registrar y comunicar novedades de operación, eventos, intervenciones de mantenimiento, secuencia de maniobras efectuadas por evento, reclamos por local y respecto del Sistema Supervisor ocurridos durante su turno a través de los medios destinados al efecto.
- Velar por el cumplimiento de las normas de seguridad del trabajo.

La creación del COR-M permite prescindir de la presencia de operadores en los locales bajo su área de responsabilidad en determinados horarios. Sin embargo, para la cobertura de EESS y SSEE en horario no vigilado, acorde a las convocatorias de los diferentes centros de control, fue creado un plantel de Operadores de locales no vigilados (Operadores Volantes). La cobertura del turno de Operador Volante es realizada las 24 hs del día, todos los días del año en turnos continuos rotativos.

El Operador Volante tiene las siguientes responsabilidades:

- Asistir al Operador del COR-M en el control, maniobra y operación de los equipos de locales del Sistema Metropolitano (SM) sin operador o en locales en que en cierto horario se encuentren sin operador.
- Asumir todas las responsabilidades en cuanto operador del local en el cual se encuentre.
- Acudir a convocatorias y realizar tareas de apoyo en colaboración con las dependencias que lo soliciten, mediando en cada caso las solicitudes, comunicaciones y criterios de prioridad definidos.
- Velar por el cumplimiento de las normas de seguridad del trabajo.
- Los asistentes técnicos y operadores dependen del Coordinador del COR-M, debiendo reportar al mismo todas sus actividades.

## **5. Aspectos de la implementación del Proyecto SINACOM**

### **5.1 Alcance y características del Proyecto SINACOM**

El Proyecto SINACOM comprende, básicamente, un sistema de comunicaciones y un SCADA:

El sistema de comunicaciones se compone de:

- Microondas troncales y derivaciones (transmisión de voz y datos)
- Radio UHF (datos)
- Radio VHF (voz y datos)

El sistema SCADA comprende:

- Sistema informático de los centros de control
- RTUs de locales (Unidades Remotas de Transmisión)
- RTUs de poste (distribución)
- Aplicativo EMS (Electrical Management System)
- Aplicativo DMS (Distribution Management System)

El CNDC y el COR-M comparten los recursos de hardware y software, con una red Ethernet redundante. El sistema operativo es el Unix de Sun Solaris, la base de datos está configurada en Oracle y el SCADA desarrollado en lenguaje C++. El simulador de operación de la red eléctrica (PSSO) para el aplicativo EMS está desarrollado por PTI.

La interconexión y comunicación en los centros de control se realiza a través de microondas para establecer la comunicación a la red Ethernet vía routers. El SCADA se comunica con los centros de control vía protocolo ICCP; así, todas las señales generadas en los centros de control regionales son compartidas y enviadas a los centros de control nacionales.

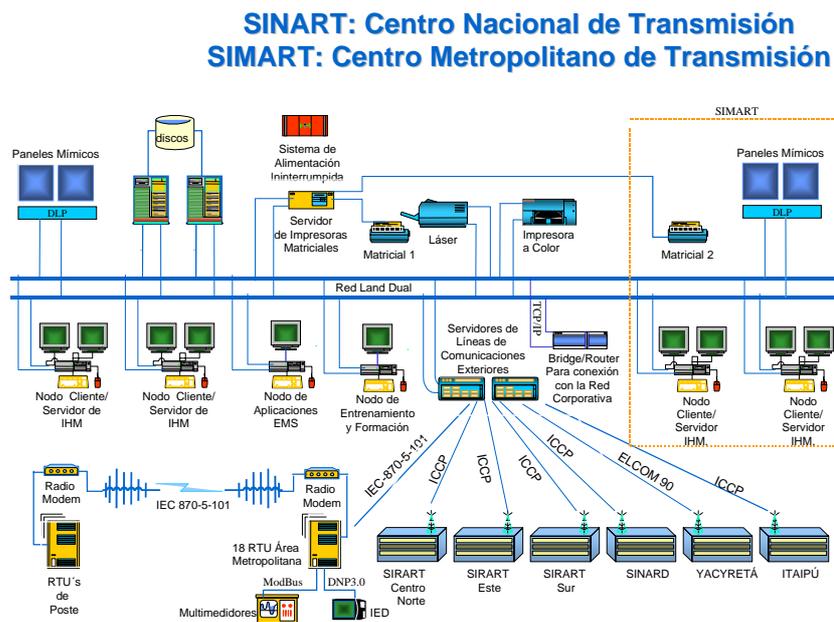
### **5.2 Infraestructura del COR-M**

Sala de control:

- 2 Puestos de Operación (nodos cliente-servidor)

- 1 Panel Mímico
- 1 Terminal del SCADA Powerlink
- Red Ethernet (concentradores)
- 1 PC
- 1 Impresora matricial (impresión de eventos)
- Equipos de comunicación (radio UHF, VHF, telefonía fija, buscapersonas)
- Rectificadores, UPS, etc.
- Operador Volante:
- Equipos de comunicación (radio UHF, VHF, buscapersonas)
- Equipos de seguridad portátiles (probador de tensión, PAT, etc)
- Móvil

Figura 5: Estructura del SINART y SIMART (CNDC y COR-M)



### 5.3 Funciones del Sistema SCADA

- Despliegue de diagramas unifilares.
- Señalización de posición de equipos de maniobra y alarmas.
- Telemidas de campo.
- Mandos sobre equipos de maniobra.
- Lista de señales y alarmas.
- Archivo cronológico de eventos.
- Gráficas de tiempo real e históricos.
- Almacenamiento de datos históricos.
- Impresión de Gráficos, listados, resúmenes, etc.

### 5.4 Funciones del EMS

El EMS es un sistema de gestión de la red eléctrica, integrado al SCADA Sherpa. La integración consta de dos elementos:

- El SCADA Sherpa de ELIOP (España), que realiza todas las funciones de entrada y salida de datos, alimentando al software de cálculo con los datos de configuración almacenados en Oracle y los obtenidos de campo en tiempo real. Los resultados de los cálculos son presentados en interfaces de entrada/salida.

- Software de cálculo de sistemas eléctricos de Power Technologies Inc. (PTI) o PSSO (Power System Simulator for Operation).

El EMS está compuesto por cuatro herramientas que son:

- 1- *Analizador topológico*: esta herramienta analiza la topología de la red determinando las “islas” del sistema y cuáles están energizadas y cuáles no.

Los resultados obtenidos por el Analizador Topológico del sistema SCADA permiten alterar el color del diagrama unifilar y la representación de los elementos eléctricos (coloración topológica) disponibles para el operador.

Esta es una herramienta fundamental para el funcionamiento del EMS puesto que los resultados alcanzados constituyen la base de ejecución de otras herramientas.

- 2- *Flujo de Potencia*: el flujo de carga, load flow o power flow, calcula las tensiones y fases en toda la red, recibiendo como parámetro las potencias activas y reactivas de los generadores y de las cargas del sistema, además de otros parámetros eléctricos de la red.

Esta herramienta es utilizada internamente por otras aplicaciones como el Estimador de Estados o el Analizador de Contingencias o bien explícitamente, como en el Modo de Estudio.

- 3- *Estimador de Estados*: a partir de las medidas obtenidas por el sistema SCADA, los datos históricos y un modelo de la red (Analizador Topológico) realizado previamente, se obtiene una estimación del valor de todas las magnitudes del sistema, incluidas aquellas que son telemedidas (así, de estas se obtienen dos valores, el telemedido y el estimado). Algunas ventajas de su utilización son:

El Estimador de Estados puede proporcionar la información ausente (fallas o limitaciones en los equipos de medida).

El Estimador de Estados puede proporcionar una estimación del valor más probable (errores en el transductor o la telemetría).

El Estimador de Estados asigna diferentes “pesos” a cada medida según la incertidumbre asociada y proporciona una estimación del valor más probable.

- 4- *Analizador de Contingencias*: esta herramienta ayuda al operador a adoptar la solución más adecuada ante una contingencia. El Analizador de Contingencias analiza cuál sería la solución más adecuada dentro de un conjunto previamente configurado, para resolver una contingencia en el sistema eléctrico, si ésta se diera en ese mismo momento.

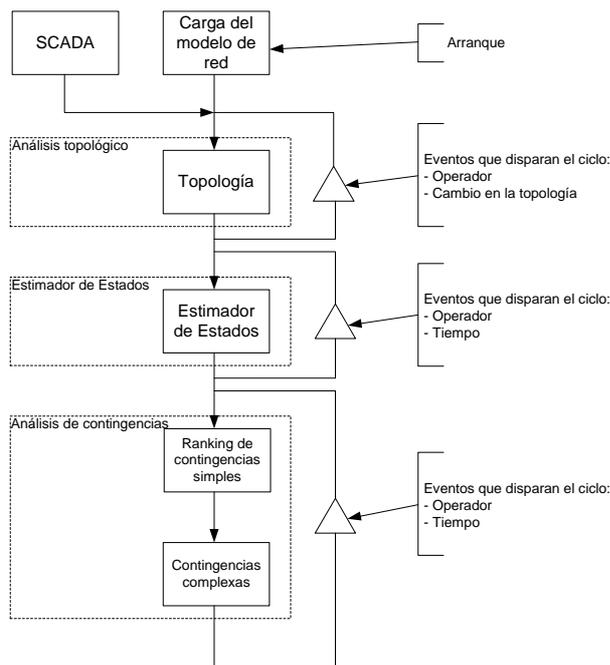
Hay dos niveles de análisis de contingencias, el análisis de contingencias simples y el análisis de contingencias complejas.

Obviamente el SCADA interactúa con el EMS, sea para alimentarlo con los datos necesarios para su funcionamiento, como para presentar los resultados de su ejecución en los Puestos de Operación POs).

El SCADA provee la siguiente información al EMS:

- Medidas de campo, obtenidas de las RTU: posición de taps de transformadores, medidas de tensión, corriente, potencias activa y reactiva, energías activa y reactiva, etc.
- Estado de los elementos de corte (interruptores y seccionadores).
- Los resultados obtenidos por la ejecución del EMS se presentan en los POs del SCADA:
- Resultados de análisis topológico para coloración topológica.
- Medidas estimadas luego de la realización de flujo de potencia.
- Resultados del análisis de contingencias para su presentación.

**Figura 6: Interacción entre el SCADA y el EMS**



## 6. Características de la gestión actual del COR-M

Durante la operación experimental del COR-M, fue posible observar fortalezas y necesidades de mejora. Las más notables son:

### 6.1 Fortalezas:

- Los operadores del COR-M son ex operadores de EESS y SSEE. Tienen experiencia en la operación de los locales, las características de los equipos que los componen y los procedimientos de trabajo con los centros de control de transmisión y distribución y áreas de mantenimiento.
- Apoyo institucional a la prosecución de la implementación de los CORs. Provisión de la infraestructura necesaria para su funcionamiento adecuado.
- Estrecha colaboración entre el CNDC y el COR-M en el intercambio de experiencias que promuevan la mejora continua. Fluidez de la comunicación entre ambos centros.
- Vigencia de procedimientos de operación preestablecidos. A partir de ello el COR-M va generando sus propios procedimientos de operación con base en su propia experiencia y criterios técnicos.
- El COR-M sugiere y participa en la implementación de nuevas herramientas del SCADA.

### 6.2 Necesidades de mejora:

- El hecho de que los operadores del COR-M hayan tenido su formación inicial operando en EESS y SSEE también constituye una dificultad. Se observa que tal característica es un factor limitante para asumir plenamente las prerrogativas de la función.
- Los operadores han sido entrenados en el uso de los POs y sobre la gestión de trabajo. Entretanto, es necesaria una actualización de los mismos en la operación de sistemas de potencia. Máxime aún, suponiendo el inicio de la tercera etapa, con características de operación más exigentes y dinámicas.
- Escaso intercambio de información con las Agencias Regionales.
- Necesidad de mayor cobertura de Operador Volante.
- Las limitaciones presentadas por el SCADA, sistemas de comunicación y el escaso desarrollo del EMS constituyen restricciones para que los operadores desarrollen sus actividades de manera óptima y para adjudicar al sistema la confiabilidad deseada.

## 7. **Bibliografía**

1. Gómez Expósito, A. y otros – *Análisis y Operación de Sistemas de Energía Eléctrica* – Mc Graw Hill – España – 2002.
2. Derechos Reservados – *Manual de Funcionamiento del COR-M* – ANDE - 2004
3. Robson C. Pires e outros – *Operação e Planejamento de Sistemas Elétricos de Potência* – Fundação de Pesquisa e Assessoramento á Indústria (FUPAI) – Apostila CESE 2005 (Módulo 10) – Brasil, 2005.
4. Derechos Reservados – *Manual de Usuario SCADA Sherpa* - Electrónica Industrial y Operación (ELIOP S. A.) – España, 2004.
5. Derechos Reservados - *Introducción al EMS* - Electrónica Industrial y Operación (ELIOP S. A.) – España, 2004.
6. Derechos Reservados – *Aplicaciones Eléctricas DMS: Análisis Funcional* - Electrónica Industrial y Operación (ELIOP S. A.) – España, 2006.
7. Felip, D; Morel, F; Espínola, G. – *Nuevas Tecnologías, Influencias en la Organización del Sector Operativo y de Mantenimiento de la ANDE* - Monografía Técnicas de Gestión Mód. 1 – ANDE – 2005.