



<SISTEMAS EXPERTOS PARA EL DIAGNÓSTICO DE FALLAS EN SERVICIOS AUXILIARES DE SUBESTACIONES>

< Vanderley Oliveira, Claudio Mota, João Sio, Mohamed Hassan, Gabriel Weiss>

< Itaipu, Itaipu, Unioeste, Unioeste, UDC>

<Paraguay-Brasil>

Resumen

La identificación y tratamiento de anomalías en subestaciones depende de la experiencia de los operadores de las instalaciones. Con la aparición de nuevas tecnologías, la cantidad de alarmas/eventos enviadas a las salas de control ha sufrido un importante crecimiento, que dificulta la tarea de detección y diagnóstico de fallas por parte del operador ante situaciones de contingencia. En ese contexto, surge la necesidad de herramientas computacionales que permitan procesar grandes cantidades de datos a fin de minimizar el tiempo de solución de averías. Los sistemas expertos, son herramientas computacionales basadas en la experiencia de resolución de problemas de expertos humanos. Así, auxilian al operador en la toma de decisiones, y permiten simplificar el proceso de resolución de averías. El presente trabajo explora el potencial de los sistemas expertos como una herramienta de auxilio a la toma de decisiones del operador ante condiciones anormales de operación en servicios auxiliares de subestaciones. Para la evaluación de la propuesta se toma como caso de estudio el sistema anti-incendio de la Subestación Margen Derecha de la Itaipu Binacional, de manera que, la metodología adoptada, permite establecer reglas que considera las condiciones normales de operación de los equipos asociados a ese sistema. Cuando esas reglas son violadas, el sistema experto auxilia al operador en la identificación y diagnóstico de la anomalía por medio de ventanas emergentes. De esa manera, la técnica de los sistemas expertos, permite reducir el tiempo de detección y localización de la falla, incidiendo positivamente en la seguridad y confiabilidad operacional.

Palabras claves: Inteligencia Artificial, Sistemas Expertos, Subestaciones, Detección, Diagnóstico



1 INTRODUCCIÓN

Para su funcionamiento, las subestaciones de energía eléctrica cuentan con dos tipos de servicios auxiliares: los Servicios Auxiliares de Corriente Alternada (SACA) y los Servicios Auxiliares de Corriente Continua (SACC).

Los SACA están constituidos por: transformadores de servicios auxiliares, grupo generador de emergencia y tableros de servicios auxiliares de corriente alternada. Su función es alimentar en corriente alternada (460V/200V) los auxiliares de los equipos de alta tensión como fuerza motriz de: interruptores, seccionadoras y sistemas de enfriamiento de transformadores.

Además, alimentan las bombas y compresores del sistema anti-incendio, rectificadores, equipos de comunicación, sistemas de aire acondicionado, circuitos de iluminación y tomas, bombas de agua de servicio, entre otros.

Por otro lado, los SACC se destinan a la alimentación en corriente continua (110V o 125V) de circuitos que deben estar alimentados permanentemente, de forma a asegurar las funciones esenciales de la subestación.

Los componentes de los SACC son: banco de baterías, rectificadores, y tableros de servicios auxiliares de corriente continua. En condiciones normales, el rectificador alimenta los equipos que están conectados a él (incluido el banco de baterías), con energía proveniente de los SACA.

Los SACC alimentan los circuitos de mando, control y protección de los equipos de alta tensión como interruptores y seccionadoras; protección de líneas de transmisión, barras y transformadores de potencia, y equipos de comunicación.

La información acerca del estado de los componentes y variables de los servicios auxiliares, así como las alarmas y eventos asociados a estos; son enviados a través de los sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) a los centros de control de subestaciones.

Un flujo simultáneo de alarmas puede sobrecargar a los operadores y la tarea de detección y diagnóstico de fallas puede volverse compleja. En esas circunstancias, es primordial que el diagnóstico basado en la secuencia de alarmas sea realizada en forma rápida, precisa y segura; con lo que el proceso de diagnóstico pasa a ser un problema altamente dependiente de la experiencia del operador.

El diagnóstico de fallas puede ser considerado como el análisis e interpretación de alarmas efectuados por el operador. De manera que, el operador debe utilizar su experiencia para seleccionar rápidamente la hipótesis más probable para explicar la falla, a fin de derivar el problema al área de mantenimiento correspondiente, de modo a minimizar el tiempo de reparación de los equipos [1].

Así, el diagnóstico de fallas puede ser definido como un problema que lleva en cuenta la toma de decisiones, donde varias hipótesis (secciones con falla), previamente formuladas, compiten entre sí, restando al operador y a la herramienta computacional de apoyo, a partir de las alarmas, seleccionar el problema más probable [1].

Actualmente, respecto a fallas en servicios auxiliares, los operadores toman conciencia de la gravedad de la situación luego de un análisis exhaustivo de las alarmas del sistema asociado al componente con falla.

En ese contexto, son utilizados métodos manuales para determinar las causas del origen de las alarmas. Posterior al evento, es común el envío de operadores al campo para realizar inspecciones visuales de los equipos, siendo la comunicación entre el operador de campo y el operador de la sala de control realizada vía telefónica o radio de comunicación.

El análisis realizado para verificar las causas posibles de la falla demanda una gran cantidad de tiempo por parte del operador, para tomar conocimiento, identificar y diagnosticar la causa ante situaciones de emergencia. Naturalmente, surge la necesidad de utilización de herramientas computacionales que auxilien al operador en la toma de decisiones, y permitan simplificar el proceso de resolución de problemas.

Este trabajo explora el potencial de la Inteligencia Artificial (IA), a partir de la técnica de los Sistemas expertos (SE), como auxilio al operador en la toma de decisiones, ante fallas en servicios auxiliares de subestaciones.

2 CONTEXTUALIZACIÓN

Para la definición del problema, se analizan los servicios auxiliares de la subestación Margen Derecha (SE-MD), propiedad de Itaipu Binacional, responsable por la transmisión de la energía generada (7000MW) por el sector 50Hz.

Se analizan eventos ocurridos en tres sistemas auxiliares de la SE-MD: (1) el sistema de aire acondicionado (SAA) de la Sala de Supervisión y Control, (2) el sistema central de

aire comprimido (SAC) de los interruptores de potencia 220kV y 500kV, y (3) el sistema anti-incendio (SAI) de los conjuntos autotransformadores-reguladores (500kV/220kV),

A partir de los casos citados fue confirmado que el método actual utilizado en los servicios auxiliares de subestaciones para identificar y diagnosticar condiciones anormales de operación, demanda gran cantidad de tiempo, lo cual compromete la seguridad y confiabilidad operacional.

De manera que, existe una necesidad de utilización de herramientas computacionales que no sólo supervisen las variables del proceso, sino también que sean capaces de alertar al operador ante condiciones anormales de operación. Esas herramientas computacionales inteligentes, permitirían no sólo detectar fallas, sino anticiparse a ellas, diagnosticando condiciones anormales de operación.

La mayor parte de las metodologías para diagnóstico inteligente de fallas han sido propuestas para equipos de alta potencia en subestaciones. Las investigaciones para aplicación en servicios auxiliares son escasas, principalmente debido al elevado costo que representaba la tecnología en la última década, ya que no se destinaban los mismos recursos para que el diagnóstico a partir de las alarmas pudiese ser implementado [1].

Así, a partir de la contextualización, se plantea el siguiente problema de investigación:

¿Cuál es el impacto de la utilización de sistemas inteligentes en el desempeño operacional en servicios auxiliares de subestaciones?

3 OBJETIVOS

Objetivo General

- Evaluar la utilidad de los sistemas expertos con un enfoque de apoyo al diagnóstico de condiciones anormales de operación en servicios auxiliares de subestaciones.

Objetivos Específicos

- Identificar sistemas viables para utilización de SE en subestaciones.
- Almacenar el conocimiento sobre diagnóstico de condiciones anormales de operación de forma estructurada.
- Describir el proceso de diagnóstico de condiciones anormales de operación utilizando SE.
- Evaluar el diagnóstico del SE analizando casos prácticos.

4 SISTEMAS EXPERTOS

Sistemas Expertos (SE) son una rama de la Inteligencia Artificial (IA) que tiene por objetivo resolver problemas complejos de forma idéntica a la utilizada por expertos humanos [2].

La aplicación de los SE es adecuada donde los expertos dispongan de conocimientos complejos en un área estrechamente delimitada, además, donde se tenga más causas y soluciones posibles [2].

Una característica de los SE son las reglas heurísticas, que difieren de reglas comunes en que no son formuladas como resultado de un conocimiento común y reconocido por todos, sino que son reglas prácticas o empíricas basadas en la experiencia que sólo un experto las conoce [3].

En estas situaciones hace falta el conocimiento que el experto ha adquirido por experiencia, para llegar a una solución en un espacio de tiempo aceptable.

Una de las formas de representación del conocimiento en un SE es a través de reglas de producción, o simplemente reglas que son definidas en formato condicional Si-Entonces (Si < condición >, Entonces < acción >).

Los SE poseen como principal característica la separación entre conocimiento (reglas, hechos) y procesamiento.

Debido a que la estructuración e implementación del conocimiento del experto requiere una importante cantidad de trabajo, se recomienda crear un SE cuando un conocimiento sea válido durante un largo espacio de tiempo y vaya a ser utilizado por el mayor número posible de personas [2].

3 METODOLOGÍA

3.1 Proceso de Creación del SE

El procedimiento utilizado establece cuatro etapas en el proceso de creación y puede ser utilizado para SE de pequeño, mediano y gran porte [4]. Esas etapas son: (1) Planeamiento, (2) Adquisición de conocimiento, (3) Implementación, e (4) Evaluación del SE.

3.2 Caso de Estudio

Se adopta como caso de estudio el Sistema Anti-Incendio (SAI) de la SE-MD. Este sistema fue adoptado debido al histórico sucesivo de fallas en los últimos meses.

XIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
06 y 07 de Setiembre de 2018

El SAI de la Subestación Margen Derecha está destinado al combate contra incendio de los conjuntos Autotransformadores/Reguladores T01/R01, T02/R02, T03/R03, T04/R04, T05/R05 y T0X/R0X; además de los transformadores T06/TI1 y T07/TI2.

En la figura 1, es posible observar, la disposición de las tuberías del sistema anti-incendio de la SE-MD, y en la figura 2, sus principales componentes.

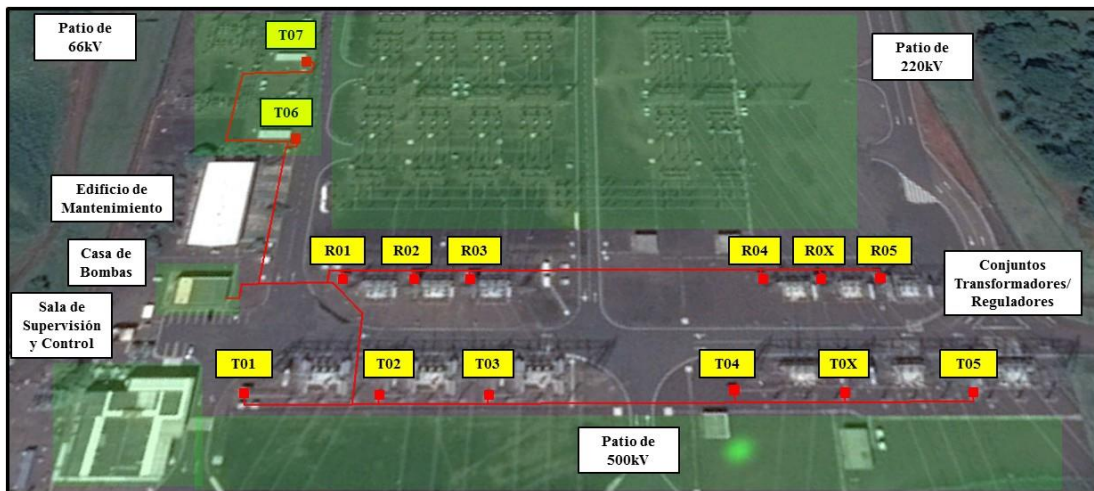


Figura 1. Vista superior de las tuberías del SAI de la SE-MD.

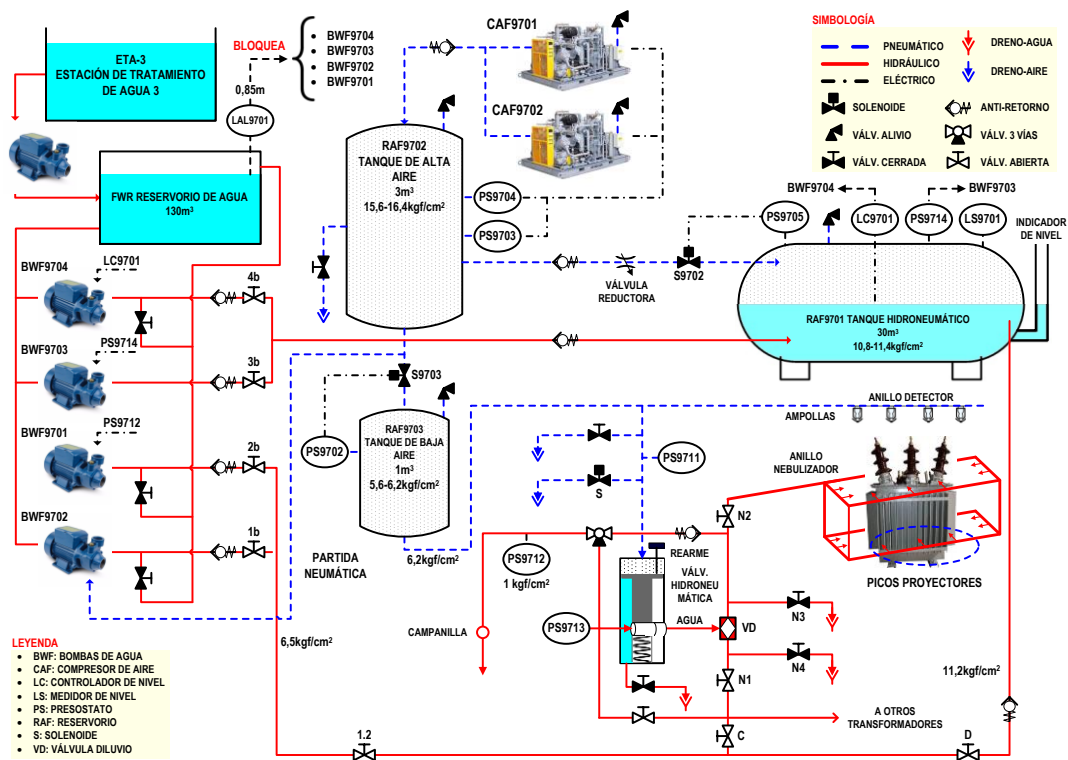


Figura 2. Diagrama simplificado del SAI de la SE-MD.

3.3 Árbol de Decisión del Proyecto

Una vez definido el problema y el procedimiento, la próxima etapa es esquematizarlo, para que todos sus aspectos sean ilustrados de la manera más simple posible. Uno de los diagramas más comunes utilizados en la resolución de problemas de ese tipo es el árbol de decisión.

Como en general los problemas son complejos y difíciles de ser conceptualizados, utilizamos el árbol de decisión para ilustrar el problema claramente. A partir del árbol de decisión se establecen las reglas para cada caso, de manera que, las condiciones del árbol de decisión se tornan las cláusulas de la parte “si” de una regla “si-entonces”.

3.4 Herramientas Computacionales

Una vez definidas las reglas de decisión del SE, éstas fueron replicadas en Visual Basic 6.0 y en Expert Sinta, que es un software que utiliza técnicas de Inteligencia Artificial para el desarrollo automático de SE. Es un software libre y fue creado por el Laboratorio de Inteligencia Artificial de la Universidad Federal de Ceará (Brasil).

La adquisición de datos en tiempo real de las condiciones del SAI se obtiene a través del software PI DataLink, que es un complemento para Excel del programa PI System (Plant Information System). Las reglas definidas en Visual Basic 6.0 utilizan los datos disponibles en Excel que fueron adquiridos a través del PI DataLink.

4 CONCLUSIONES

- Fueron identificados sistemas auxiliares viables para la utilización de SE como el sistema anti-incendio, el sistema de aire acondicionado, el sistema de aire acondicionado central de los compresores de los interruptores de potencia y el sistema generador diésel de emergencia.
- Fue almacenado la Base de Conocimiento del sistema anti-incendio en forma estructurada en la plataforma del sistema experto.
- Se describió el proceso de diagnóstico de condiciones anormales de operación utilizando sistemas expertos, facilitando su implementación en los demás sistemas auxiliares.
- Fueron evaluados por medio del sistema experto propuesto, los tres casos citados en la contextualización del problema. Para todos los casos el sistema experto tuvo mejor desempeño.



REFERENCIAS

- [1] Fábio Berthequini L., *Metodologia para análise e interpretação de alarmes em tempo real de sistemas de distribuição de energia elétrica*. Ilha Solteira SP, Brasil, 2011, Tesis de Doctorado.
- [2] Klaus Bauer et al., *Sistemas expertos introducción a la técnica y aplicación*. Barcelona, España: Marcombo, S.A., 1988.
- [3] Robert Levine I., Drang E. Diane, Edelson Barry, Vanderley Espínola O., and Vanderley Espínola O., *Inteligência artificial e sistemas especialistas*, Milton Mira de Assumpção Filho, Ed. São Paulo, São Paulo, Brasil: McGraw-Hill, 1988.
- [4] Solange Oliveira Rezende, *Sistemas Inteligentes: Fundamentos e Aplicações*, 1st ed., Solange Rezende e Ronaldo Prati, Ed. Barueri, São Paulo, Brasil: Editora Manole Ltda., 2005.