



MATRIX-UG: Sistema de Monitoreo de las Unidades Generadores de ITAIPU Binacional: Concepción y Ensayos

Rodrigo Ramos, Marco Saccarello, Fabio Lugo, Rafael Druzian, José Q. Assis

ITAIPU BINACIONAL

PARAGUAY

RESUMEN

La ITAIPU BINACIONAL se encuentra en pleno proceso de implantación del sistema de monitoreo de las unidades generadoras, denominado MATRIX-UG. Este sistema busca constituirse en una herramienta útil para optimizar la vida útil de las unidades citadas. Las funciones principales de este sistema son monitorear en una primera instancia las magnitudes más importantes relacionadas con la operación y el estado de la unidad generadora y, en una segunda instancia, el sistema permitirá realizar diagnósticos que permitan identificar problemas incipientes y subsanar los mismos mucho antes de que representen un peligro tangible a la operación continua de la unidad. Para esto, se realizará la adquisición, el procesamiento y el monitoreo de las señales de algunos sensores ya instalados (y futuros) en las unidades generadoras y valores disponibles en la red SIRI. Estos datos, que serán tratados y disponibilizados en la base de datos de las Unidades de Adquisición Monitoreo (UAM), serán transmitidos al Centro de Monitoreo y Servidor de Datos (CMSD) del Sistema MATRIX-UG. Este centro será responsable por el almacenamiento histórico de los valores, visualización de los datos en diferentes formas, tales como tendencias gráficas, tablas, pantallas sinópticas e informes, necesarios para el monitoreo y diagnóstico de las Unidades Generadoras. El software aplicativo del CMSD será desarrollado por la ITAIPU/FPTI/CEPEL. El presente trabajo presenta la concepción del sistema y los resultados obtenidos durante los ensayos de aceptación en fábrica de las denominadas Plataformas de Desarrollo y Mantenimiento (GTSMs), que consisten en versiones portátiles de las UAMs, con idénticas funcionalidades, que han sido concebidas y construidas con el objetivo de facilitar tanto la capacitación “hands on” y las nuevas aplicaciones sobre la plataforma de hardware y software que componen el sistema MATRIX-UG. Se exponen por último las potencialidades de expansión del sistema de manera a integrar en un futuro próximo a los demás sistemas componentes de la Central Hidroeléctrica Itaipu.

PALABRAS CLAVES

Monitoreo y Condición de Grandes Unidades Generadoras; Sistemas Expertos.

1. INTRODUCCIÓN

Las grandes centrales generadoras en general, y las centrales hidroeléctricas en particular, poseen activos extremadamente valiosos y sometidos a un régimen de trabajo muy particular para sistemas de gran porte. Esto es, operación continua, confiable, con alta disponibilidad y con clientes con altas dependencias para necesidades básicas. Todo esto hace que el mantenimiento correctivo, preventivo y especialmente, predictivo de los subsistemas principales de las centrales sea una tarea crucial. Para esto, es fundamental contar con toda la información posible sobre el estado de los activos, tanto históricamente como en tiempo real.

En la actualidad, se dispone de sistemas de adquisición de datos que, junto con sensores y transductores de señales de campo de alta confiabilidad y precisión, permiten generar una gran cantidad de datos, que pueden ser fácilmente configurados y definidos. De este modo, es posible integrar, bajo una misma plataforma tecnológica, señales de diversa naturaleza, tales como temperatura, vibración, descargas parciales, etc. Es posible, asimismo, establecer una base de tiempo común, de manera a poder contextualizar todos esos datos bajo una condición de operación única, obteniendo una imagen coherente del funcionamiento del equipo monitoreado.

En este contexto, este trabajo presenta al sistema MATRIX-UG, que consiste en la plataforma de hardware y software en proceso de implementación en la Central Hidroeléctrica de ITAIPU (CHI), para realizar el monitoreo de las principales magnitudes relacionadas con el estado de las Unidades Generadoras, de manera a disponer en una base de datos la información necesaria para un correcto diagnóstico del estado de cada unidad, permitiendo minimizar el deterioro de las mismas, evitando así paradas innecesarias y costosas.

En esta etapa, el Sistema MATRIX-UG monitoreará las magnitudes ilustradas en la figura 1 abajo:

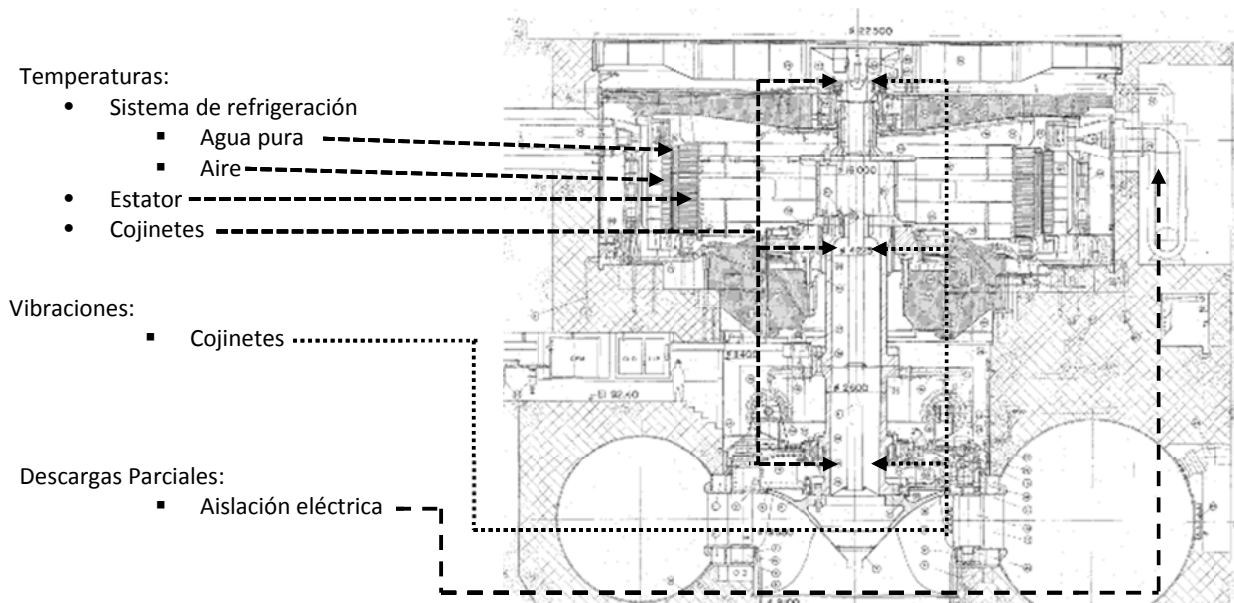


Figura 1: Magnitudes monitoreadas por el Sistema MATRIX

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
25 y 26 de Agosto de 2016

La importancia de este nuevo sistema radica principalmente en que el mismo permitirá contar con una nueva herramienta de apoyo en el proceso de mantenimiento predictivo de las unidades generadoras de ITAIPU, optimizando horas hombre y automatizando procesos ya existentes. Asimismo, permitirá implementar nuevas prácticas y estudios, en virtud de la gran cantidad de datos que serán adquiridos.

El presente trabajo se centra en la concepción e instalación de la plataforma básica del sistema. No se profundiza en las metodologías avanzadas de diagnóstico y cálculo, que envuelven aspectos tales como procesamiento de señales, algoritmos avanzados, etc., debido a que este aspecto se encuentra en proceso de desarrollo y posee una naturaleza dinámica. El mismo será objeto de futuras presentaciones.

2. CONCEPCIÓN Y ARQUITECTURA

El Sistema de Monitoreo de las Unidades Generadoras de ITAIPU, denominado MATRIX-UG, se encuentra en pleno proceso de implantación.

El mismo está compuesto principalmente de:

- Un centro de monitoreo (CMSD), ubicado en la elevación 135 de la CHI, compuesto por 2 paneles con servidores y switches; estaciones de trabajo; impresoras y demás equipos auxiliares. En estos servidores se ejecutarán las funciones avanzadas de monitoreo y diagnóstico y estarán en comunicación con los servidores del sistema PI, que es el sistema de colecta de datos en tiempo real y almacenamiento en bases de datos históricas de la CHI;
- 20 Unidades de Adquisición y Monitoreo (UAM), una para cada unidad generadora, ubicadas en las Salas de Control Locales (LCR), en la elevación 108 de la CHI. Los paneles UAM están compuestos por equipos modulares y expandibles de adquisición de datos de última tecnología. Las señales de los sensores y transductores de campo llegan a las UAMs desde los tableros intermediarios, repartidos por toda la Casa de Fuerza. Estos datos son pre-procesados y enviados al CMSD por medio de la red SIRI en una configuración radial, utilizando las terminales remotas (UTA) ubicadas en cada LCR.
- 3 plataformas móviles de desarrollo y mantenimiento (GTSM), consistentes en versiones reducidas pero plenamente funcionales de las UAMs. Estas plataformas estarán disponibles para la elaboración y ensayo de nuevas metodologías así como para el diagnóstico y eventual reparación de los componentes de hardware del sistema.

A la fecha de elaboración del presente trabajo, 5 unidades generadoras de la CHI poseen sus correspondientes UAMs instaladas, y durante el año 2016 y primeros meses del 2017 está planeado instalar las UAMs en todas las demás unidades generadoras.

La figura 2 abajo representa la arquitectura básica del sistema.

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
25 y 26 de Agosto de 2016

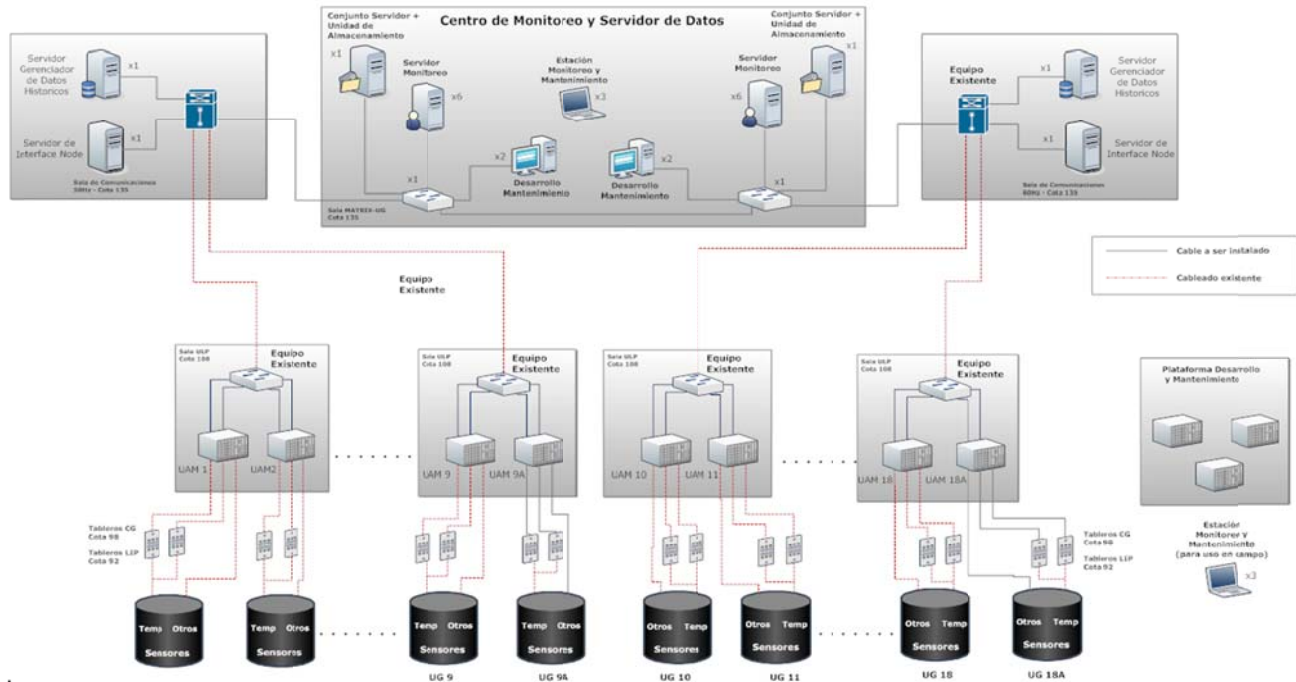


Figura 2: Arquitectura del sistema MATRIX

Como se ha mencionado más arriba, el sistema posee una configuración radial, donde las UAMs hacen la función de remotas, conectadas al Centro de Monitoreo (CMSD), ubicado en la elevación 135 de la CHI, por medio de la infraestructura de comunicación de datos ya existente, perteneciente al sistema SIRI (Sistema Interconectado de Redes Industriales de ITAIPU). Así, y a través de los switches principales del SIRI, como se muestra en la figura, las UAMs transmiten los datos adquiridos y pre-procesados hasta los 2 paneles CMSD, quienes contienen a los servidores del sistema de monitoreo propiamente dicho (SOMA).

De manera a contar con los datos brutos de monitoreo, se han incluido en el sistema 2 servidores con alta capacidad, denominados *storage*, que permiten acceder, a través de la red SIRI, a todos los datos de lectura disponibles en histórico, para poder desarrollar metodologías de análisis independientes del sistema en producción. De este modo, se agrega un grado de flexibilidad al sistema que al mismo tiempo fomenta el proceso de transmisión de conocimiento, con la posibilidad de implementación de técnicas avanzadas como, por ejemplo, sistemas expertos, inteligencia artificial, computación evolutiva, etc.

3. SISTEMA SOMA

El sistema SOMA (Sistema Orientado al Monitoreo de Activos de Ingeniería) es el componente computacional (software) principal del sistema MATRIX, y es desarrollado y mantenido por el CEPEL (Centro de Pesquisas de Eletrobrás, en Rio de Janeiro). Este sistema posee varias características que hacen que el mismo sea adecuado para los fines concebidos del sistema MATRIX. Entre sus funcionalidades básicas, pueden citarse:

- Análisis gráfico de base de datos históricos;
- Análisis gráfico de datos brutos de avisos;
- Visualización de los datos en el dominio del tiempo y la frecuencia;
- Supervisión en múltiples planos;
- Análisis con filtros DC, IIR y FIR.

Además, la implementación del SOMA en el sistema MATRIX contempla la comunicación con el Sistema PI, para el acceso eventual de los datos de monitoreo de otros sistemas de análisis. Asimismo, está contemplada la integración con el sistema IMA-DP, desarrollado igualmente por CEPTEL, que está dedicado al monitoreo y análisis de Descargas Parciales, estudio fundamental en la evaluación de la condición de la aislación de los equipos.

4. ENSAYOS DE ACEPTACIÓN EN FÁBRICA

La implantación del sistema MATRIX ha sido estructurada en 4 etapas, a saber:

- Etapa 0: ensayos y provisión de 3 Plataformas de Desarrollo y Mantenimiento (GTSM);
- Etapa 1: instalación del Centro de Monitoreo de Datos (CMSD) y las 5 primeras UAMs;
- Etapa 2: instalación de 5 UAMs;
- Etapa 3: instalación de 5 UAMs;
- Etapa 4: instalación de las 5 últimas UAMs.

Al momento de escribir este artículo, la Etapa 0 ya fue satisfactoriamente concluida, con las GTSMs ya funcionales. La Etapa 1 está en proceso de culminación, con 5 paneles UAM ya instalados. Durante el proceso anterior a esta instalación, se han realizado los ensayos en fábrica correspondientes al CMSD, el networking y estas primeras 5 UAMs del Sistema. En lo que sigue, se presentan algunas experiencias adquiridas durante el periodo de ensayo, tanto de las GTSMs como de las UAMs.

4.1 Ensayos en fábrica de las GTSMs

La figura 3 abajo ilustra la configuración del ensayo adoptada para evaluar la correcta funcionalidad de las Plataformas de Desarrollo y Mantenimiento (GTSMs) del sistema MATRIX. Los componentes principales del ensayo fueron los siguientes:

- 1) Generador de Señales: este equipo, comandado por una PC, es el encargado de simular las señales de vibración. El mismo es completamente configurable de manera a generar señales con características similares a las señales de campo.
- 2) PC controladora del Generador de Señales (1)
- 3) Servidor de datos de monitoreo: este equipo posee el aplicativo que recolecta los datos de monitoreo provenientes del equipo de adquisición de campo.
- 4) Equipos de adquisición de datos: consisten en las tarjetas y dispositivos encargados de la lectura y pre-procesamiento de los datos de campo.
- 5) Servidor de base de datos: este servidor recibe y almacena los datos leídos por los equipos de adquisición de datos (4).

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
25 y 26 de Agosto de 2016

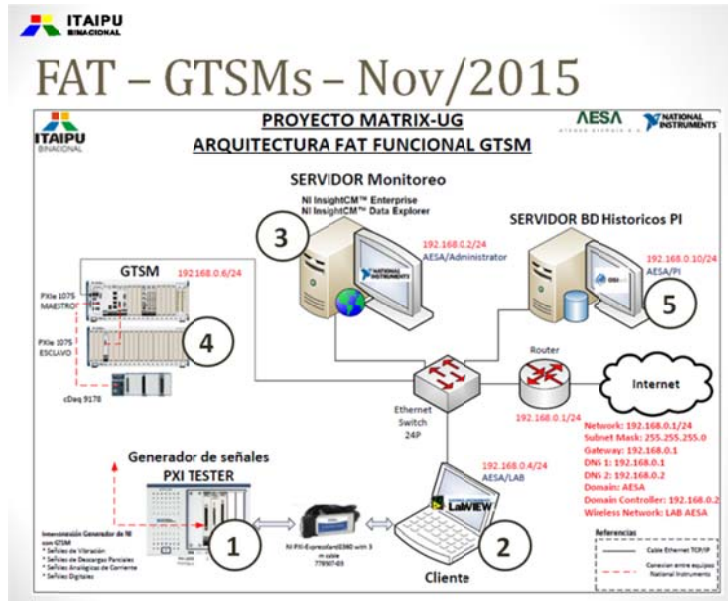


Figura 3: Plataforma de Ensayo para GTSMs

La figura 4 abajo muestra una típica ventana del sistema de monitoreo utilizado para los ensayos en fábrica. Cabe aquí acotar que este sistema utilizado en esta instancia aún no incluye al SOMA de CEPTEL, y ha sido desarrollado específicamente para estos ensayos puntuales. Sin embargo, la filosofía utilizada es muy similar. En la figura, específicamente, se muestra el análisis de una de las señales de vibración simulada, y puede verificarse la forma de onda y el espectro de frecuencias de la misma. Las magnitudes medidas se han encontrado, en todos los casos, dentro de las tolerancias esperadas. Cabe notar aquí que la cantidad de señales inyectadas en el equipo fueron en cantidad reducida con respecto a las UAMs, debido a que la GTSM de por sí es un modelo reducido en lo que se refiere a la cantidad de señales que puede recibir.

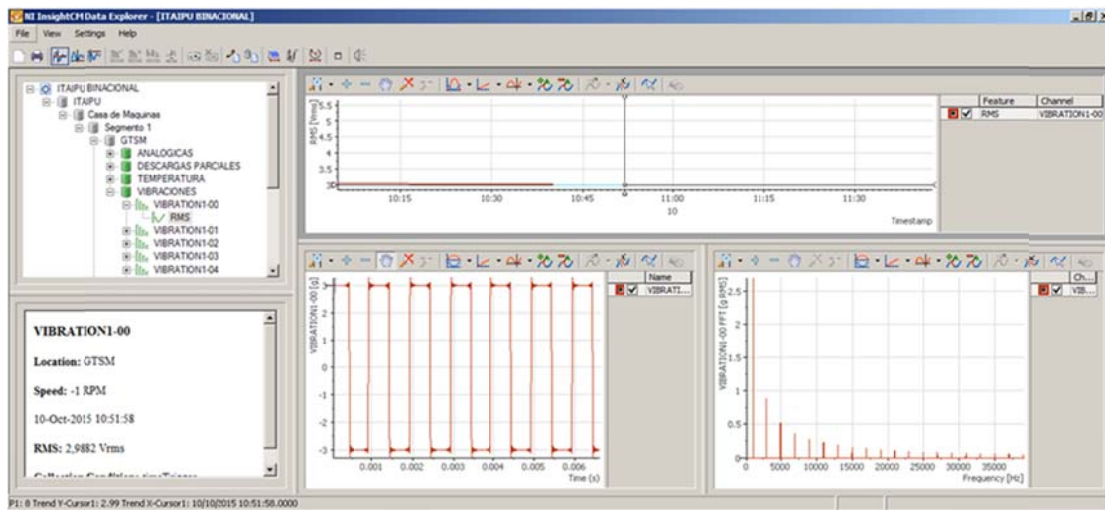


Figura 4: Interfaz gráfica del sistema de monitoreo

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
25 y 26 de Agosto de 2016

4.2 Ensayos en fábrica de los equipos de la Etapa 1

Durante la ejecución de los ensayos de fábrica de las 5 primeras UAMs del sistema MATRIX, se dio especial énfasis en garantizar la calidad de la cadena de medición, esto es, el correcto montaje y calidad de todos los accesorios que permiten llevar las señales de campo a las tarjetas de adquisición de datos. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, entrando los valores medidos dentro de las tolerancias establecidas.

En esta etapa, aún no se han ejecutado funciones de diagnóstico, ya que las señales generadas son simuladas, sin representar un conjunto coherente de valores relacionados con un estado operativo de la máquina. Estas funciones serán implementadas una vez comisionadas las UAMs con señales reales provenientes de las Unidades Generadoras de la CHI.

La plataforma de software utilizada para estos ensayos fue similar a la mostrada en la figura 3 (ensayos de las GTSMs). La única variante fue que los equipos de networking utilizados en esta ocasión ya fueron los definitivos, incluidos en el suministro.

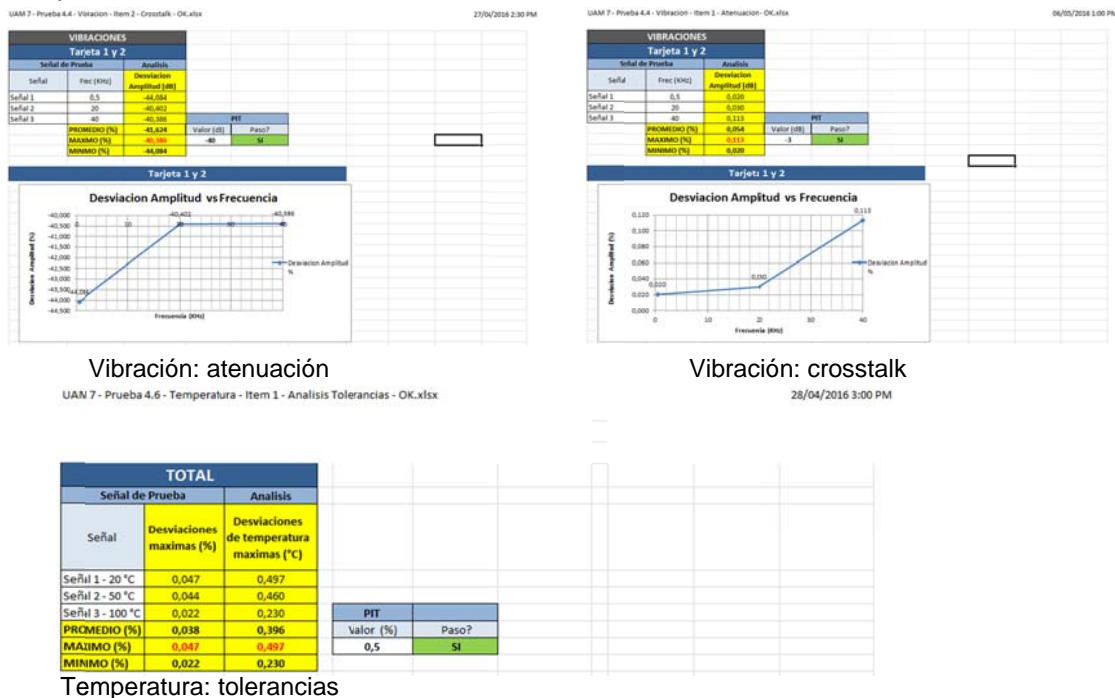


Figura 5: resultados de valores adquiridos en ensayos de UAMs

La figura 5 arriba muestra algunos resultados obtenidos. Se han seleccionado los más representativos, correspondientes a:

- Atenuación de las señales de vibración: este valor es muy importante, considerando que estas señales son normalmente sinusoidales, y que cualquier deformación en la forma de onda resultaría en detrimento de futuros análisis;
- Crosstalk entre entradas diferentes para señales de vibración: este fenómeno no es despreciable en el caso que nos atañe, ya que por la longitud de los conductores es muy

factible esperar algún tipo de inducción. Además, las frecuencias de interés de las señales de vibración se encuentran cercanas a las contaminaciones que pueden encontrarse en un ambiente industrial, esto es, señales del orden de 50 o 60 Hz, lo que se verificó en los ensayos.

5. CONCLUSIONES

La mayoría de los sistemas de monitoreo existentes en operación en centrales de gran porte se limitan a verificar la violación o no de niveles máximos o mínimos de los parámetros monitoreados. En este contexto, el sistema MATRIX, presentado en este artículo, permitirá dar un paso adelante en este sentido, permitiendo la implementación de algoritmos avanzados de análisis, que ofrecerán un panorama más completo del estado y la condición de las máquinas. Los resultados obtenidos en los primeros ensayos fueron satisfactorios, considerando que los mismos fueron realizados en un ambiente de simulación. Actualmente están en proceso de preparación los ensayos que validarán el comportamiento del sistema ante señales reales de campo. Así, el sistema MATRIX avanza hacia su consolidación como una referencia de punta en lo que se refiere a monitoreo orientado al mantenimiento predictivo de grandes unidades generadoras. La gran cantidad de información que el mismo generará podrá catalizar innumerables estudios futuros, orientados tanto a su implementación operativa en la CHI como al fomento del conocimiento sobre esta área de estudio a nivel de investigación y desarrollo.

BIBLIOGRAFIA

- [1] R.A. Ramos, J.Q. Assis Neto, L. Aranda, J. Ferreira, MATRIX-UG – Especificación Técnica – Infraestructura del Sistema de Monitoreo de las Unidades Generadoras de ITAIPU, ITAIPU BINACIONAL, 2013.
- [2] J.A. Ferreira, Especificación Funcional SOMA – MATRIX, Eletrobrás CEPEL, Rio de Janeiro, Brasil, 2013.
- [3] J.P. Penayo, P. Ayala, Reporte Técnico Interno Sistema MATRIX, ATENAS ENERGÍA S.A, Asunción, Paraguay, 2016.
- [4] J.Q. Assis Neto, MATRIX-UG – Una Evolución en el Monitoreo de Unidades Generadoras, XXIII SNPTEE, Foz de Iguazu, Brasil, 2015.