

Instrumentación para Evaluación de Comportamiento y Seguimiento Operacional de Sistemas Conversores de FNCE.

M. A. Borja D., J. Huacuz V.

Instituto de Investigaciones Eléctricas.
Apartado Postal # 475.
Cuernavaca, Mor. C.P. 62250. México.
FAX: (73) 18-98-54

RESUMEN.

La correcta satisfacción de necesidades energéticas mediante el aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía (i.e. solar, eólica, biomasa y micro-hidráulica), exige un detallado conocimiento del comportamiento de aquellos sistemas candidatos a su selección para la integración de la solución. Sin ello, los estudios necesarios para la determinación de la factibilidad técnica y económica de su posible aplicación, no podrán efectuarse correctamente, al carecer de los indicadores básicos que permitan, realizar el pronóstico de la efectividad de la aplicación y el análisis de la rentabilidad de la inversión asociada. El Instituto de Investigaciones Eléctricas de México (IIE), ha desarrollado una amplia capacidad para la integración de sistemas de adquisición de datos, orientados a la captura de la información básica, que mediante su procesamiento computacional y el análisis de resultados con software y metodologías también desarrolladas en el IIE, constituyen en conjunto, una adecuada y útil herramienta para la satisfacción de la mencionada necesidad. En el presente trabajo se describen los sistemas de adquisición de datos que se integran en el IIE para estos fines.

INTRODUCCION.

Desde el punto de vista del análisis de factibilidad técnica, en los proyectos de satisfacción de necesidades energéticas mediante el aprovechamiento de fuentes no convencionales de energía, se hace indispensable contar con -o adquirir- la siguiente información:

- Cuantificación y caracterización de las necesidades energéticas a satisfacer.
- Evaluación y caracterización de los recursos energéticos no convencionales disponibles en el sitio de la posible aplicación.
- Conocimiento del comportamiento de sistemas conversores de fuentes no convencionales de energía, candidatos a la integración de la solución.

El tercer aspecto, implica fundamentalmente, conocer la respuesta básica de un sistema convertidor de FNCE, dentro del rango completo de trabajo al cual podrá ser expuesto en las condiciones reales de su aplicación, esto inicialmente, en lo referente a su comportamiento en cuanto a la captación de energía y su capacidad para la conversión en energía aprovechable.

El manejo conjunto de la información correspondiente a los tres aspectos mencionados, permitirá establecer en que medida, la necesidad energética podrá ser satisfecha en términos de cantidad y oportunidad. La veracidad de la información utilizada, es sin lugar a duda, un factor determinante en el éxito de los proyectos, no solamente en lo relativo a su efectividad, sino también en cuanto a su justificación económica y futura rentabilidad.

Sin embargo, la información necesaria en cuanto al comportamiento de los sistemas conversores candidatos, no debe limitarse al conocimiento de su capacidad de conversión de

energía, ya que resulta no menos importante, el conocer e involucrar en los estudios de factibilidad técnico-económica, los aspectos de confiabilidad, seguridad, requerimientos de mantenimiento y vida útil de sus componentes, lo cual puede variar por efecto de las condiciones de integración del sistema (v.g. regímenes de carga/descarga de bancos de baterías, características de subsistemas de control y protección utilizados en su integración, etc.), así como también, por efecto de condiciones particulares de operación características del sitio de aplicación (v.g. baja densidad del aire para aerogeneradores, alta temperatura para paneles fotovoltaicos, medio ambiente agresivo, etcétera).

PROBLEMATICA EN EL DESARROLLO DE TECNOLOGIA PROPIA.

En los procesos de desarrollo de tecnología propia de sistemas conversores de energía para el aprovechamiento de las fuentes no convencionales, la evaluación de los prototipos construidos adquiere una gran importancia. En este contexto, los sistemas se diseñan para satisfacer especificaciones técnicas y económicas, incluyéndose en las técnicas, las de respuesta básica del sistema y las relativas a su filosofía de operación. Para ello, el proceso de diseño y/o integración involucra 3 aspectos principales: la satisfacción de la teoría fundamental, el diseño de componentes originales y la selección de componentes no originales a utilizar en su integración.

La primer etapa del proceso de diseño, aparentemente no encuentra obstáculos importantes (salvo en los casos en donde el desarrollo involucra conceptos de vanguardia o especificaciones que rebasan la actualidad tecnológica), llegando a concluirse, con el desarrollo con las memorias de cálculo, los diagramas para construcción de componentes originales y sus especificaciones de manufactura, las listas de partes de componentes no originales de carácter comercial, los diagramas de ensamble, etc.

Sin embargo, es en la etapa de construcción de prototipos y pruebas iniciales, donde generalmente los diseñadores encuentran problemas, que los obligan a retornar a la primera fase para revisar algunas consideraciones previas. Estos problemas, comúnmente consisten en la insatisfacción de las especificaciones de manufactura de componentes no originales o a un alto costo para su logro, así como también al posible incumplimiento de las especificaciones técnicas de componentes no originales que como estrategia comercial pueden ser exagerados y finalmente, a los propios errores de diseño.

Para la evaluación de comportamiento de los prototipos construidos, se identifican algunas pruebas que pueden ser ejecutadas en laboratorio con un alto grado de confiabilidad (v.g. respuesta de generadores eléctricos, resistencia y fatiga de materiales, etc.), sin embargo, algunas otras, no pueden ser ejecutadas en condiciones controladas o bien, ello resultaría prácticamente imposible o exageradamente costoso, por lo que se deben ejecutar en condiciones naturales (v.g. comportamiento de aerogeneradores).

En estos términos, el proceso de desarrollo y optimación de tecnología propia de sistemas conversores de fuentes no convencionales de energía, implica la ejecución de varios ciclos de evaluación de comportamiento - mejora del producto, ello no obstante que se cuente con experiencia previa en el logro de productos de diferente escala o diseño conceptual similar. La importancia de ello se ha hecho evidente a través del tiempo, mediante la permanencia en el mercado de aquellos productos objeto de mejora continua, en contraste con la rápida obsolescencia de aquellos que permanecieron en su diseño original.

PROBLEMATICA EN APLICACIONES "PILOTO".

La mayoría de los sistemas que se desarrollan para el aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía, generalmente no se enfocan para la simple satisfacción de una necesidad específica, sino que su objetivo fundamental es, el ser aplicados a la satisfacción de necesidades de carácter generalizado (v.g. electrificación de comunidades rurales, contribución a la generación eléctrica en gran escala, etc.), por lo tanto, resulta típico que un sistema que se instala por primera vez para la satisfacción de una necesidad, sea considerado como una instalación "piloto", de cuyo comportamiento, se desprenderán elementos de juicio que influirán en la toma de decisiones para su aplicación potencial y que además de ello, pueden influir con respecto a la credibilidad de la factibilidad técnica y económica de la propia tecnología.

Lo anterior implica, que no solamente se debe evaluar el comportamiento de un sistema previamente a su aplicación, sino que también resulta indispensable, el ejecutar un seguimiento de su comportamiento desde el inicio de su puesta en operación, principalmente en aquellas aplicaciones consideradas como "piloto", en donde se incluya: la cuantificación y caracterización de las fuentes energéticas naturales a nivel local, la caracterización del comportamiento de la demanda energética (carga) y aquellos aspectos de tipo operativo que indicarán en que medida, el sistema está o no siendo utilizado correctamente por los usuarios y/u operadores.

LA INSTRUMENTACION: UNA HERRAMIENTA BASICA NECESARIA.

La problemática planteada, obliga a satisfacer una necesidad común que se identifica como: La MEDICION de las variables que influyen en los procesos de aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía y/o desarrollo de sistemas conversores, orientado a la ADQUISICION DE DATOS, de cuyo procesamiento y análisis, se generen los indicadores básicos que proporcionen los elementos de juicio o parámetros necesarios, para la toma de decisiones orientadas a lograr una exitosa aplicación o un buen sistema producto, con altos niveles de confiabilidad, seguridad y rentabilidad.

Lo que se expresa en pocas palabras en el párrafo anterior, no resulta una tarea sencilla ni mucho menos de corta duración o bajo costo. La instrumentación de sistemas enfocada a la adquisición de datos, exige a su vez, precisión y continuidad. Tras la requerida precisión de los equipos y transductores que se utilicen para ello, debe existir un propio programa de calibración y mantenimiento preventivo, mientras que la continuidad de su operación, implica contar con un respaldo de componentes para mantenimiento correctivo, además de que los procesos de recuperación y/o los medios utilizados para ello, deben ser altamente confiables y/o redundantes.

La gran cantidad de información (datos), que se adquiere en estos procesos, exige la utilización de sistemas, que permitan por medios electrónicos locales y/o telecomunicaciones, transferir la información adquirida en forma automatizada hacia computadores.

El experimentar una amplia variedad de condiciones naturales y estados operativos, o bien conocer la estabilidad del sistema a lo largo del tiempo, ocasiona una considerable duración de los proyectos de evaluación de comportamiento y/o seguimiento operacional de sistemas conversores de fuentes no convencionales de energía.

Todo ello implica un alto costo, cuyo monto puede llegar a ser un considerable porcentaje del costo del sistema a evaluar, o bien aún mayor que el costo del propio sistema conversor, en

el caso de bajas capacidades. Sin embargo, es importante considerar que en el caso de desarrollo de tecnología propia y de instalaciones "piloto", la inversión se justifica plenamente, ya que es mejor pagar por obtener la información necesaria en forma oportuna, que tener que pagar para saber el porqué "las cosas no marchan como se esperaba" y tal vez perder la oportunidad de realizar aplicaciones potenciales.

INTEGRACION DE SISTEMAS DE ADQUISICION DE DATOS EN EL IIE.

El Instituto de Investigaciones Eléctricas de México, a través de su Departamento de Fuentes No Convencionales de Energía, ha desarrollado una amplia capacidad, para la integración, instalación y operación de sistemas de adquisición de datos (SAD), orientados a estos fines.

En términos generales, estos sistemas se integran a partir de un diseño conceptual común y se satisfacen las necesidades específicas de la aplicación, mediante la integración de componentes adicionales. Ello permite reducir algunos costos asociados a la integración y operación de varios sistemas, esto debido a la múltiple utilización de elementos comunes (v.g. software de soporte, interfases portátiles, medios de telecomunicación en la estación base, etc.).

Los adquirentes de datos utilizados, tienen una amplia flexibilidad para la interconexión de transductores de diversos tipos de variables, así como una gran capacidad autocontenida para pre-procesamiento de muestras de variables medidas, por ejemplo: cálculo de promedios, valores máximos, valores mínimos, totalizaciones, aplicación de factores de escalamiento (multiplicadores), aplicación de funciones (polinomios, trigonométricas, logarítmicas, etc.).

Adicionalmente, permiten la programación de los intervalos de muestreo y generación de datos definitivos de acuerdo a los requerimientos de la evaluación (v.g. muestras cada segundo con generación de valores promedio, máximo y mínimo cada 15 minutos), lo cual puede ser modificado desde una estación base, si el sistema se opera por telecomunicaciones, característica que puede ser de utilidad práctica en situaciones extraordinarias.

Su integración se basa en un solo adquirente de datos para la medición de todas las variables de interés, lo cual asegura una gran confiabilidad en cuanto a la sincronización de los datos adquiridos para diferentes variables, contando para ello con un reloj interno con precisión de ± 1 minuto/mes.

Los sistemas de adquisición de datos que se integran en el IIE, para evaluación de comportamiento de sistemas convertidores de fuentes no convencionales, encuentran su principal aplicación en proyectos de:

- Evaluación de comportamiento en viento libre de aerogeneradores aislados o centrales eolieléctricas.
- Evaluación de comportamiento de sistemas fotovoltaicos.
- Evaluación de comportamiento de micro-turbinas hidráulicas.
- Evaluación de comportamiento de sistemas híbridos. (eólico - fotovoltaico - Diesel).
- Evaluación de comportamiento de estanques solares.
- Cuantificación y caracterización de recursos energéticos no convencionales (redes de estaciones climatológicas)
- Análisis de comportamiento de circuitos eléctricos o cargas aisladas.

Dentro de estas aplicaciones, los sistemas pueden integrarse con una amplia variedad de transductores de variables a medir, entre las que se encuentran:

- Parámetros eléctricos en corriente directa.
 - Voltaje.
 - Corriente.
- Parámetros eléctricos en corriente alterna.
 - Voltaje.
 - Corriente.
 - Potencia real (KW).
 - Potencia reactiva (KVAR).
 - Frecuencia.
 - Factor de potencia.
- Temperaturas.
 - Ambiente.
 - De elementos mecánicos.
 - Electrólito de baterías.
 - Placa de panel fotovoltaico.
 - Temperatura de punto de rocío.
- Velocidad y dirección de viento.
 - Polares.
 - Ortogonales.
- Irradiancia solar.
 - Global.
 - Difusa.
- Humedad relativa.
- Presión atmosférica.
- Precipitación pluvial.
- Revoluciones por minuto en rotores.
- Flujo en tuberías.
- Niveles de espejo en pozos o estanques.
- Estado de interruptores.
- Niveles lógicos.
- Presión en tuberías.
 - En puerto.
 - Diferencial.
 - Absoluta.
- Desplazamiento.
 - Angular.
 - Lineal.
- Fuerza.
 - Tensión.
 - Compresión.

Todos los transductores que se utilizan para la integración de un sistema, se seleccionan de acuerdo al rango de la variable a medir, esto con el objeto de maximizar la resolución de la medición. Así mismo, la selección de sensores y/o transductores obedece a la búsqueda de una alta precisión y estabilidad por temperatura y tiempo.

La figura No. 1, muestra un diagrama a bloques de un sistema de adquisición de datos típico, integrado para la evaluación de comportamiento de un sistema de generación híbrido (hipotético), formado por 2 aerogeneradores, 2 arreglos fotovoltaicos, un banco de baterías y un inversor, alimentando una carga trifásica en corriente alterna, aislada del suministro de energía convencional. Escenario en donde el sistema de adquisición de datos es operado por telefonía celular.

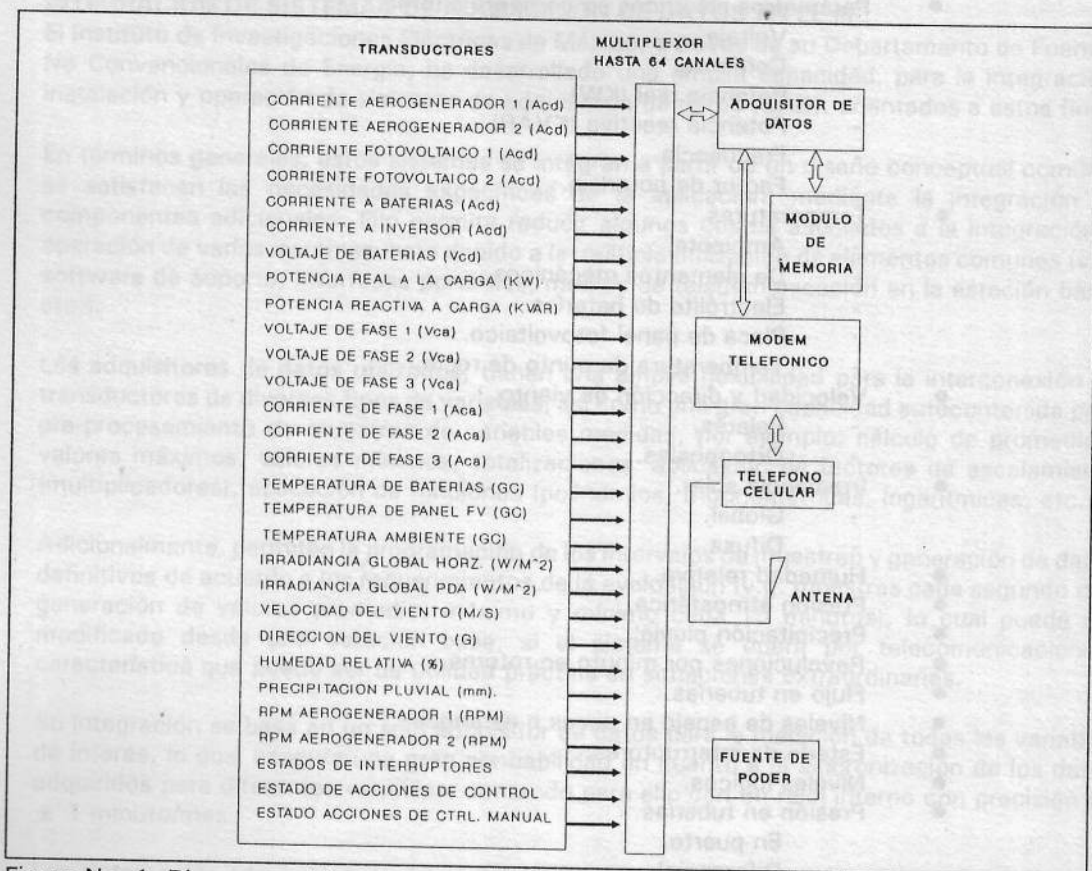


Figura No. 1 Diagrama a bloques de un sistema de adquisición de datos para evaluación de comportamiento de un sistema híbrido hipotético.

En este ejemplo, la capacidad autocontenida de pre-procesamiento del adquirente de datos, puede ser utilizada para generar datos tales como: irradiancia solar ($W-H/m^2$), velocidad media del viento (m/s), energía eléctrica a la carga (KW-H), etc., ello como datos finales en intervalos de 15 minutos a partir de muestras cada 10 segundos.

Así mismo, se observa que no obstante que el sistema es operable por telefonía celular, se contempla un respaldo en memoria local, el cual puede dimensionarse para mantener la información adquirida de todas las variables medidas hasta para 1 mes, por lo que la

información adquirida podría ser recuperada a nivel local, ante la falla del sistema de telecomunicaciones, esto por medio del simple cambio del módulo de memoria y su envío al centro de recuperación de información, o bien por la lectura de la información almacenada utilizando un computador portátil en el sitio de instalación del SAD.

Una de las características más importantes de los sistemas de adquisición de datos que se integran en el IIE, es la amplia flexibilidad en cuanto a la selección de los medios de recuperación de datos y/o monitoreo, lo cual se ilustra en la figura No. 2.

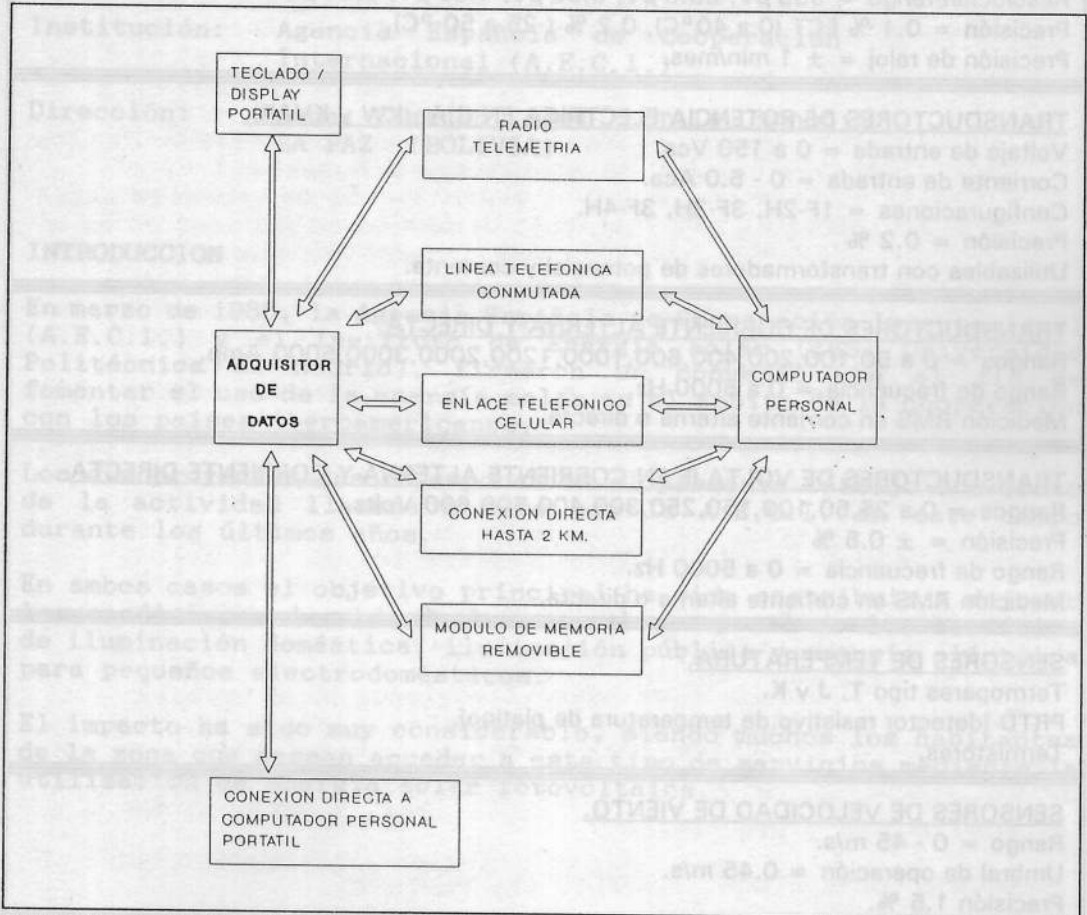


Figura No. 2 Medios de recuperación de datos y/o monitoreo en *tiempo real*.

La capacidad instalable para operación del sistema por telecomunicaciones, proporciona una gran ventaja que no solamente facilita los procesos de recuperación de datos, sino que también permite la supervisión remota del sistema conversor en evaluación, característica de alta utilidad práctica cuando el sistema corresponde a una instalación "piloto".

ESPECIFICACIONES GENERALES.

ADQUISITOR DE DATOS.

Canales analógicos de entrada = hasta 64 diferenciales.

Canales de pulsos = 2 de 8 bits.

Puertos digitales de entrada/salida = 8.

Rangos de medición = ± 2500 mV, ± 250 mV, ± 25 mV, ± 7.5 mV, ± 2.5 mV

Resolución/rango = $333 \mu\text{V}$, $33.3 \mu\text{V}$, $3.33 \mu\text{V}$, $1.00 \mu\text{V}$, $0.33 \mu\text{V}$

Precisión = 0.1 % ECT (0 a 40 °C), 0.2 % (-25 a 50 °C).

Precisión de reloj = ± 1 min/mes.

TRANSDUCTORES DE POTENCIA ELECTRICA EN C.A. (KW y KVAR).

Voltaje de entrada = 0 a 150 Vca.

Corriente de entrada = 0 - 5.0 Aca.

Configuraciones = 1F-2H, 3F-3H, 3F-4H.

Precisión = 0.2 %

Utilizables con transformadores de potencial y corriente.

TRANSDUCTORES DE CORRIENTE ALTERNA Y DIRECTA.

Rangos = 0 a 50, 100, 200, 400, 600, 1000, 1200, 2000, 3000, 5000 Amp.

Rango de frecuencia = 0 a 5000 Hz.

Medición RMS en corriente alterna o directa.

TRANSDUCTORES DE VOLTAJE EN CORRIENTE ALTERNA Y CORRIENTE DIRECTA

Rangos = 0 a 25, 50, 100, 150, 250, 300, 400, 500, 600 Volts.

Precisión = ± 0.5 %

Rango de frecuencia = 0 a 5000 Hz.

Medición RMS en corriente alterna o directa.

SENSORES DE TEMPERATURA.

Termopares tipo T, J y K.

PRTD (detector resistivo de temperatura de platino).

Termistores.

SENSORES DE VELOCIDAD DE VIENTO.

Rango = 0 - 45 m/s.

Umbral de operación = 0.45 m/s.

Precisión 1.5 %.

SENSORES DE IRRADIANCIA SOLAR.

Precisión = ± 3 %

Sensibilidad = $80 \mu\text{A} / 1000 \text{ W/m}^2$

Linealidad = 1 %

Estabilidad = ± 2 % en 1 año.

(El Piranómetro de precisión Eppley también puede ser integrado).