

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa



Casa abierta al tiempo

**Instrumentación y Colección de Datos de
Una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales**

TESIS
Que para obtener el diploma de
Especialización en Biotecnología
PRESENTA
Juan Carlos Peña Avila

Director
Dr. Oscar A. Monroy Hermosillo

Julio del 2003

Contenido

Objetivos	4
Programa de Actividades	6
Introducción	8
Antecedentes	10
Representación de la Información Mediante Señales Eléctricas	11
Señales Analógicas	12
Señales Digitales	12
Señales Eléctricas Temporales	15
Transductores, Sensores y Accionamientos	17
Tipos de Sensores	19
Sistemas Electrónicos de Instrumentación y Control Basados en Computadora	24
La Computadora	26
Los Transductores	26
El Acondicionamiento de la Señal	26
La Circuitería de Adquisición de Datos	28
La Circuitería de Análisis	28
Los Softwares	29
Definición de Instrumento	30
El Instrumento Virtual	31
Materiales Propuestos	34
Montaje Propuesto	41
Conclusiones	43
Bibliografía	45

Objetivos

Objetivo General:

- ⊃ Estudiar las características y necesidades de monitoreo de un reactor EGSB de laboratorio y proponer los instrumentos y equipo adecuados.

Objetivos Parciales:

- ⊃ Dados los sensores de NO_3^- , NH_4^+ , pH y Gas, determinar las interfaces necesarias para su conexión a una computadora.
- ⊃ Proponer las características y modelos de las interfaces de entrada/salida.
- ⊃ Proponer un sistema de software para el control y monitoreo de un reactor EGSB de laboratorio

Programa de Actividades

Actividad	1er Trim	2º Trim	3er Trim
Planteamiento del Proyecto	●		
Revisión Bibliográfica	●	●	●
Diseño Preliminar		◐	
Búsqueda de Proveedores		●	
Diseño Detallado		◑	
Compra de Equipo		◑	◐
Pruebas de Sistema			●
Diseño Final			◑

Introducción

La incorporación de instrumentos a un determinado proceso se desarrolla para reducir progresivamente la incertidumbre asociada a la operación del mismo, y se avanza en distintos grados de refinamiento. Los instrumentos, serán aparatos dedicados a funciones de manejo concreto del proceso.

Para manejar u operar una planta es necesario conocer el valor de las propiedades en proceso, utilizar esta información para diagnosticar la mejor forma de operar el proceso y disponer de medios de modificar el proceso en el grado deseado.

Esta secuencia:

Medir Decidir Actuar

es válida desde el manejo de una sola variable o propiedad hasta una planta completa donde la medición de una propiedad en el producto terminado puede implicar acciones sobre operaciones al inicio de la línea de proceso.

La automatización de sistemas de aguas residuales (sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales, así como también industriales) no ha sido desarrollada como cualquier otra industria de procesos, principalmente debido al entorno "hostil" donde los sensores eran ubicados. Esto simplemente ha sido una necesidad de contar con los sensores adecuados, los cuales pueden ser usados para el control y monitoreo en línea en tiempo real.

También en años recientes se ha demostrado el uso de sensores "clásicos" de pH, oxígeno disuelto, redox, turbidez, etc., y también el desarrollo y uso de sistemas analizadores de nutrientes y materia orgánica han llegado al nivel de su uso práctico. Además las nuevas tecnologías son introducidas, la mayoría de estas usan sistemas de microprocesamiento con capacidades de cálculo en tiempo real localizados directamente en el sensor.

Antecedentes

Representación de la Información Mediante Señales Eléctricas

Los parámetros más importantes de las señales que aparecen en un circuito eléctrico son:

- a) La tensión o voltaje entre dos puntos.
- b) La corriente que pasa a través de un dispositivo.
- c) La potencia representada por la tensión en bornes de un dispositivo multiplicada por la corriente que pasa a través de él.

La tensión entre dos puntos de un circuito o la corriente a través de un elemento puede variar a lo largo del tiempo y representar una información. Según el parámetro utilizado y sus características, las señales eléctricas utilizadas para representar información, se clasifican de acuerdo a la Figura 1.

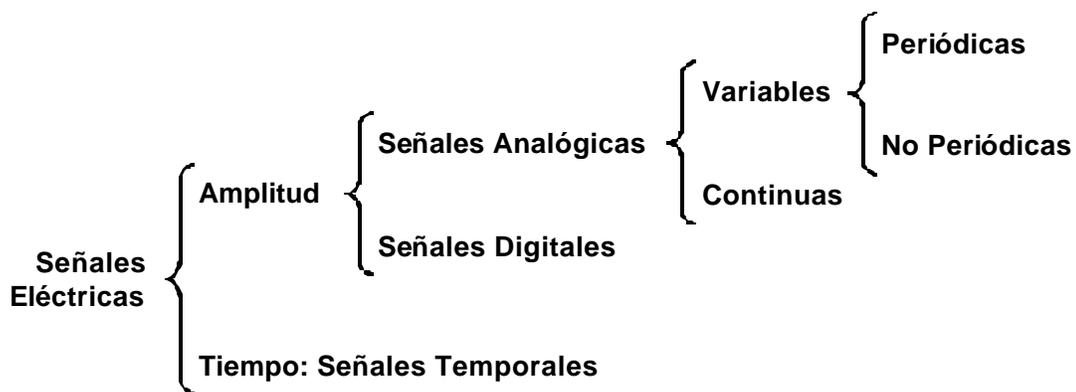


Figura 1. Clasificación de las señales eléctricas.

Señales Analógicas

Las señales analógicas son aquéllas que pueden tomar cualquier valor dentro de unos determinados márgenes y que llevan la información en su amplitud. Las señales analógicas se pueden a su vez clasificar en variables o continuas (Figura 1).

Las señales analógicas variables son aquellas que equivalen a la suma de un conjunto de senoides de frecuencia mínima f mayor que cero.

Un caso típico son las señales senoidales de frecuencia constante que representan la información mediante su amplitud (Figura 2a), y constituye un ejemplo de señal analógica periódica.

Las señales analógicas continuas son aquellas que se pueden descomponer en una suma de senoides cuya frecuencia mínima es cero. Se trata de señales que tienen un cierto nivel fijo durante un tiempo indefinido (Figura 2b), y que representan también la información mediante su amplitud.

El mundo físico es en general analógico y la mayoría de los sensores proporcionan señales analógicas.

Señales Digitales

Las señales digitales son aquellas que sólo toman un número finito de niveles o estados entre un máximo y un mínimo. Las más utilizadas son las binarias que solo pueden tener dos niveles que se asignan a los números binarios 0 y 1. Una variable binaria recibe el nombre de bit.

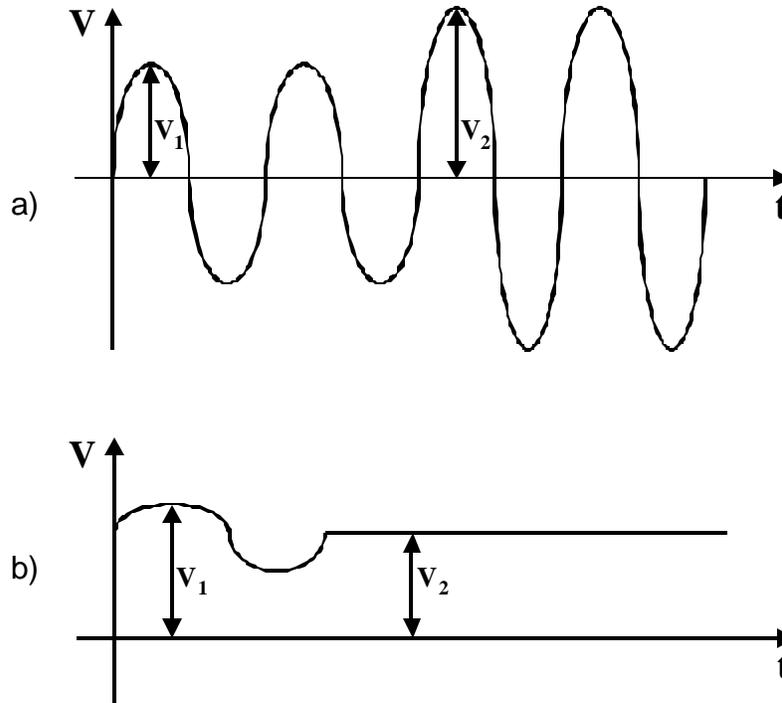


Figura 2. Señales analógicas: a) Senoidal de frecuencia constante b) Continua.

Para representar una información se necesita un cierto número n de variables binarias, dependiendo de dicho número la precisión obtenida. Las n variables binarias se pueden presentar de dos formas diferentes:

- a) Mediante una secuencia de niveles cero y uno de una señal digital. En la Figura 3 se indica una señal digital binaria que representa el número 10011 en el sistema de numeración binario. Este formato recibe el nombre de serie.
- b) Mediante otras tantas señales binarias independientes. Se tiene así el número 10011 en un único instante t_1 . En instantes sucesivos se pueden tener números diferentes (por ejemplo 01010 en t_2 en la Figura 4). Este formato recibe el nombre de paralelo.

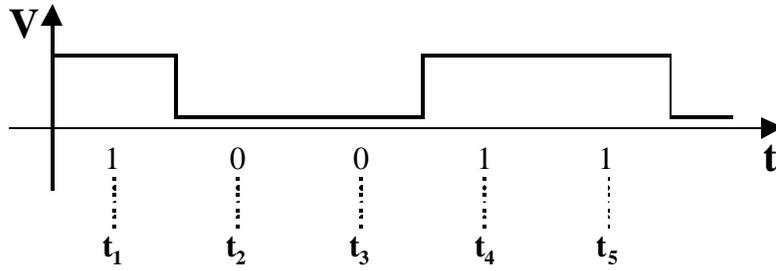


Figura 3. Señal digital binaria en formato serie

El formato serie se utiliza para transmitir a distancia una información digital mientras que el paralelo es el utilizado por los procesos digitales.

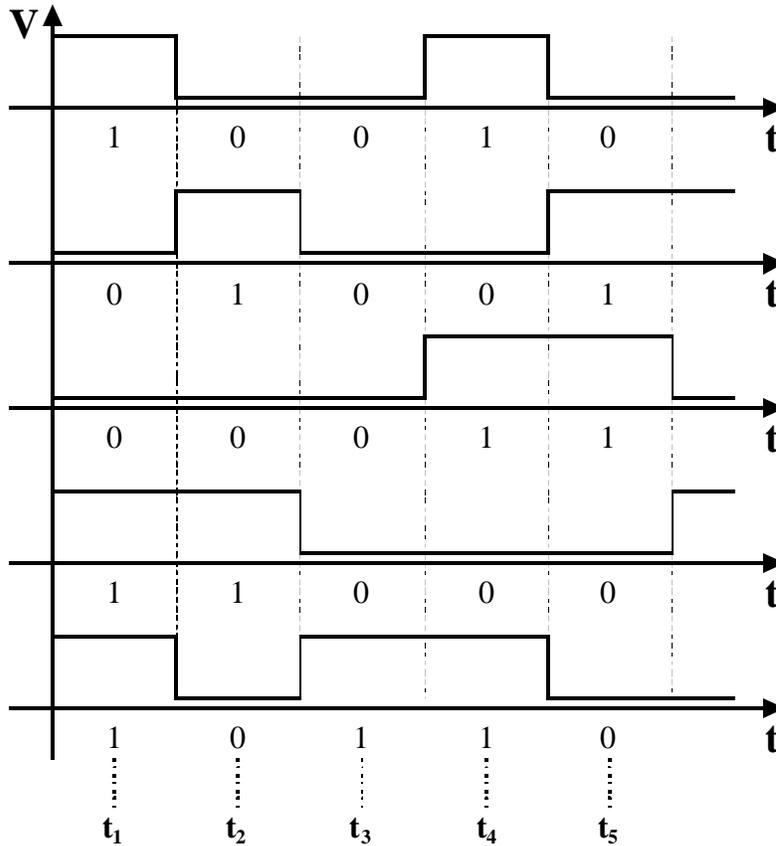


Figura 4. Señal digital en formato paralelo.

Señales Eléctricas Temporales

Las señales eléctricas temporales son aquellas en las que la información está asociada al parámetro tiempo. Según la forma de la señal y el tipo de parámetro, se clasifican tal como se indica en la Figura 5.

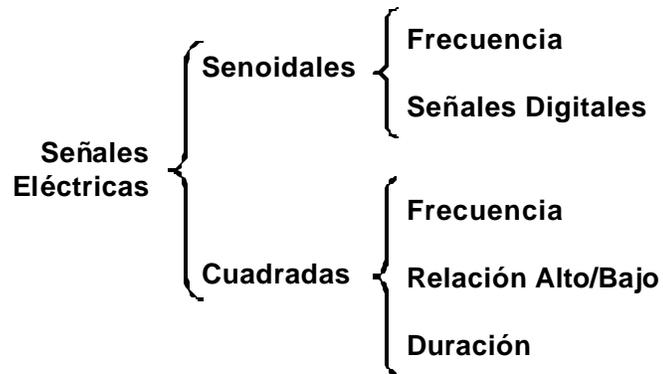


Figura 5. Clasificación de las señales temporales.

Las señales temporales cuadradas tienen una amplitud fija y un parámetro temporal variable que puede ser:

- La frecuencia o su inverso el período. La información está representada por el valor de cualquiera de ellos.
- La relación uno/cero o alto/bajo. La señal utilizada posee un período de duración fija y la información está contenida en el valor del tiempo durante el cual la información se encuentra en nivel uno con relación a aquél durante el cual está en nivel cero (Figura 6).
- La duración de un impulso que se genera en el instante en que se desea conocer el valor de una variable (Figura 7).

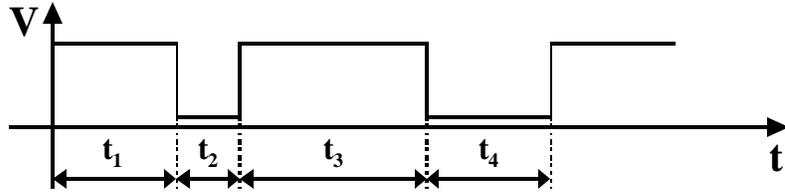


Figura 6. Señal temporal que contiene la información en la relación entre la duración de los niveles.

Las señales temporales se utilizan fundamentalmente para transmisión de información a distancia.

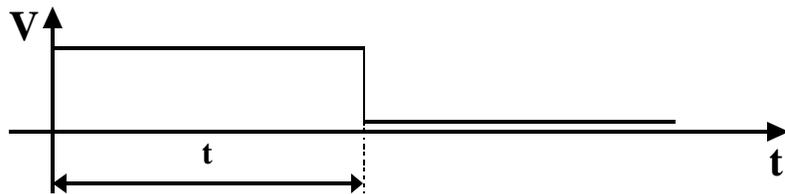


Figura 7. Señal temporal que contiene la información en la duración de un impulso.

Existen circuitos conversores de unos tipos de señales en otras. Su utilización permite realizar el proceso de la información mediante un tipo de señales y la transmisión en otro diferente.

Transductores, Sensores y Accionamientos

Se denomina transductor, en general, a todo dispositivo que convierte una señal de una forma física en una señal correspondiente pero de otra forma física distinta. Es, por tanto, un dispositivo que convierte un tipo de energía en otro. Esto significa que la señal de entrada es siempre una energía o potencia, pero al medir, una de las componentes de la señal suele ser tan pequeña que puede despreciarse, y se interpreta que se mide sólo la otra componente.

Al medir una fuerza, por ejemplo, se supone que el desplazamiento del transductor es despreciable, es decir, que no se “carga” al sistema, ya que de lo contrario podría suceder que éste fuera incapaz de aportar energía necesaria para el desplazamiento. Pero en la transducción siempre se extrae una cierta energía del sistema donde se mide, por lo que es importante garantizar que esto no lo perturba.

Dado que hay seis tipos de señales: Mecánicas, térmicas, magnéticas, eléctricas, ópticas y moleculares (químicas), cualquier dispositivo que convierta una señal de un tipo en una señal de otro tipo debería considerarse un transductor, y la señal de salida podría ser de cualquier forma física “útil”. En la práctica, no obstante, se consideran transductores por antonomasia aquellos que ofrecen una señal de salida eléctrica. Ello se debe al interés de este tipo de señales en la mayoría de procesos de medida. Los sistemas de medida electrónicos ofrecen, entre otras, las siguientes ventajas:

1. Debido a la estructura electrónica de la materia, cualquier variación de un parámetro no eléctrico de un material viene acompañada por la variación de un parámetro eléctrico. Eligiendo el material adecuado, esto permite realizar transductores con salida eléctrica para cualquier magnitud física no eléctrica.
2. Dado que en el proceso de medida no conviene extraer energía del sistema donde se mide, lo mejor es amplificar la señal de salida del transductor. Con

amplificadores electrónicos se pueden obtener fácilmente ganancias de potencia de 10^{10} en una sola etapa, a baja frecuencia.

3. Además de la amplificación, hay una gran variedad de recursos, en forma de circuitos integrados, para acondicionar o modificar las señales eléctricas. Incluso hay transductores que incorporan físicamente en un mismo encapsulado parte de estos recursos.
4. Existen también numerosos recursos para presentar o registrar información si se hace electrónicamente, pudiéndose manejar no sólo datos numéricos, sino también textos, gráficos y diagramas.
5. La transmisión de señales eléctricas es más versátil que la de señales mecánicas, hidráulicas o neumáticas, y si bien no hay que olvidar que éstas pueden ser más convenientes en determinadas circunstancias, como pueden ser la presencia de radiaciones ionizantes o atmósferas explosivas, en muchos casos estos sistemas han sido sustituidos por otros eléctricos. De hecho, mientras en industrias de proceso (química, petróleo, gas, alimentaria, textil, etc.), donde se introdujeron en seguida los sistemas automáticos, se encuentran actualmente sistemas neumáticos junto a sistemas eléctricos más recientes, en cambio en las industrias de manufactura, donde hay una serie de procesos discontinuos y que son de automatización más reciente, apenas hay sistemas neumáticos.

Un sensor es un dispositivo que, a partir de la energía del medio donde se mide, da una señal de salida transducible que es función de la variable medida.

Sensor y transductor se emplean a veces como sinónimos, pero sensor sugiere un significado más extenso: la ampliación de los sentidos para adquirir un conocimiento de cantidades físicas que, por su naturaleza o tamaño, no pueden ser percibidas directamente por los sentidos. Transductor, en cambio, sugiere que la señal de

entrada y la de salida no deben ser homogéneas. Para el caso en que lo fueran se propuso el término “modificador”, pero no ha encontrado aceptación.

La distinción entre transductor de entrada (señal física/señal eléctrica) y transductor de salida (señal eléctrica/presentación) está prácticamente en desuso. La tendencia actual, particularmente en robótica, es emplear el término sensor (o captador en bibliografía francesa) para designar el transductor de entrada, y el término actuador o accionamiento para designar al transductor de salida. Los primeros pretenden la obtención de información, mientras que los segundos buscan la conversión de energía.

Tipos de Sensores

El número de sensores disponibles para las distintas magnitudes físicas es tan elevado que no se puede proceder racionalmente a su estudio sin clasificarlos previamente con algún criterio.

Según el aporte de energía, los sensores se pueden dividir en moduladores y generadores. En los sensores moduladores o activos, la energía de la señal de salida procede, en su mayor parte, de una fuente de energía auxiliar. La entrada sólo controla la salida. En los sensores generadores o pasivos, en cambio, la energía de salida es suministrada por la entrada.

Los sensores moduladores requieren en general más hilos que los generadores, ya que la energía de alimentación suele suministrarse mediante hilos distintos a los empleados para la señal. Además, ésta presencia de energía auxiliar puede crear un peligro de explosiones en algunos ambientes. Por otra parte, su sensibilidad se puede modificar a través de la señal de alimentación, lo que no permiten los sensores generadores.

Según la señal de salida, los sensores se clasifican en analógicos o digitales. En el analógico la salida varía, a nivel macroscópico, de forma continua. La información está en la amplitud, si bien se suelen incluir en este grupo los sensores con salida en el dominio temporal. Si es en forma de frecuencia, se denominan, a veces, “casidigitales”, por la facilidad con que se pueden convertir en una salida digital.

En los sensores digitales, la salida varía en forma de saltos o pasos discretos. No requieren conversión A/D y la transmisión de su salida es más fácil. Tienen también mayor fidelidad y mayor fiabilidad, y muchas veces mayor exactitud, pero lamentablemente no hay modelos digitales para muchas de las magnitudes físicas de mayor interés.

Atendiendo al modo de funcionamiento, los sensores pueden ser de deflexión o de comparación. En los sensores que funcionan por deflexión, la magnitud medida produce algún efecto físico, que engendra algún efecto similar, pero opuesto, en alguna parte del instrumento, y que está relacionado con alguna variable útil. Por ejemplo, un dinamómetro para la medida de fuerzas es un sensor de este tipo en el que la fuerza aplicada deforma un muelle hasta que la fuerza de recuperación de éste, proporcional a su longitud, iguala la fuerza aplicada.

En los sensores que funcionan por comparación, se intenta mantener nula la deflexión mediante la aplicación de un efecto bien conocido, opuesto al generado por la magnitud a medir. Hay un detector del desequilibrio y un medio para restablecerlo. Por ejemplo, en una balanza manual, la colocación de una masa en un platillo provoca un desequilibrio, indicado sobre la escala. El operador coloca entonces una o varias masas en el otro platillo hasta alcanzar el equilibrio.

Las medidas por comparación suelen ser más exactas porque el efecto conocido opuesto se puede calibrar con un patrón o magnitud de referencia de calidad.

El detector de desequilibrio sólo mide alrededor de cero y, por lo tanto, puede ser muy sensible y no necesita estar calibrado. Por el contrario, tienen en principio menor respuesta dinámica y, si bien se pueden automatizar mediante un servomecanismo, no se logra normalmente una respuesta tan rápida como en los de deflexión.

Según el tipo de relación entrada-salida, los sensores pueden ser de orden cero, de primer orden, de segundo orden o de orden superior. El orden está relacionado con el número de elementos almacenadores de energía independientes que incluye el sensor, y repercute en su exactitud y velocidad de respuesta. Esta clasificación es de gran importancia cuando el sensor forma parte de un sistema de control de lazo cerrado.

En la Tabla 1 se recogen todos los criterios de clasificación y se dan ejemplos de cada clase. Cualquiera de estas clasificaciones es exhaustiva, y cada una tiene interés particular para diferentes situaciones de medida. Para el estudio de un gran número de sensores se suele utilizar su clasificación de acuerdo con la magnitud medida. Se habla, en consecuencia, de sensores de temperatura, presión, caudal, humedad, posición, velocidad, aceleración, fuerza, par, etc. Sin embargo, esta clasificación difícilmente puede ser exhaustiva, ya que la cantidad de magnitudes que se pueden medir es prácticamente inagotable. Por ejemplo, en la variedad de contaminantes químicos en el aire o en el agua, o en la cantidad de proteínas diferentes que hay en el cuerpo humano y que interesa detectar.

Desde el punto de vista de la ingeniería electrónica, es más atractiva la clasificación de los sensores de acuerdo con el parámetro variable: resistencia, capacidad, inductancia, añadiendo luego los sensores generadores de tensión, carga o corriente, y otros tipos no incluidos en los anteriores grupos. Si bien este tipo de clasificación es poco frecuente, es el elegido en los textos, pues permite reducir el número de grupos a unos cuantos y se presta bien al estudio de los acondicionadores de señal asociados. En la Tabla 2 se mencionan los sensores y los métodos de detección ordinarios para las magnitudes más frecuentes.

Tabla 1 Clasificación de los sensores.

Criterio	Clases	Ejemplos
Aporte de energía	Moduladores Generadores	Termistor Termopar
Señal de salida	Analógicos Digitales	Potenciómetro Codificador de posición
Modo de operación	De deflexión De comparación	Acelerómetro de deflexión Servoacelerómetro

Sistemas Electrónicos de Instrumentación y Control Basados en Computadora

Actualmente, la utilización de las computadoras se ha hecho fundamental, si no imprescindible, dentro de la infraestructura de cualquier disciplina tecnológica. De hecho, diferentes ramas de la industria, como las cadenas de producción, las comunicaciones, el transporte, los laboratorios de investigación, los sistemas de prueba y medida y los bioprocesos entre otros, dependen de la ayuda de las computadoras. Desde mi punto de vista, las dos etapas importantes dentro de un sistema de instrumentación, control y adquisición de datos son; el procesado de los diferentes datos que la computadora ha adquirido del sistema físico objeto de estudio, mediante software especializado y el control posterior sobre el propio sistema. Y la etapa de cómo adquirir de la mejor manera posible los datos procedentes del sistema físico y hacerlos llegar a la computadora.

El sistema físico es el punto de inicio (desde donde se colectan los datos) y final (sobre el cual se actúa a partir de las ordenes de control). Dentro de este sistema se produce un proceso físico, que se puede definir como una combinación de operaciones que se ejecutan con el fin de efectuar alguna actuación y/o cambio sobre el sistema. El proceso físico se puede caracterizar por una serie de elementos de entrada y salida de materiales, energía e información. Los materiales y la energía son componentes básicos en todo proceso, mientras que la información es una parte indispensable que ayuda a controlar y desarrollar en las mejores condiciones las pautas de este proceso.

Entonces, a partir de la información de entrada y de salida de la computadora puede hacerse un intercambio de información hacia el proceso físico, tal como se representa en la Figura 8.

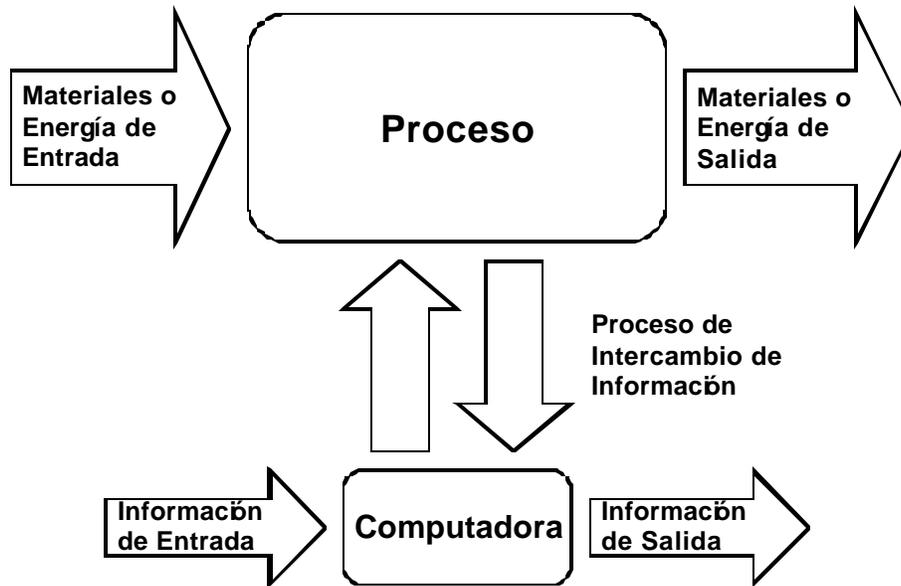


Figura 8. Utilización de la computadora en el control de un proceso.

La obtención de resultados óptimos a partir de un sistema de adquisición de datos basado en computadora depende de cada uno de los elementos que se utilicen en el sistema. La Figura 9 ilustra un sistema genérico en el cual se puede considerar una serie de elementos esenciales:

- a) Computadora
- b) Transductores
- c) Actuadores
- d) Condicionamiento de la señal
- e) Circuitería de adquisición de datos
- f) Circuitería de análisis de datos
- g) Control
- h) Software

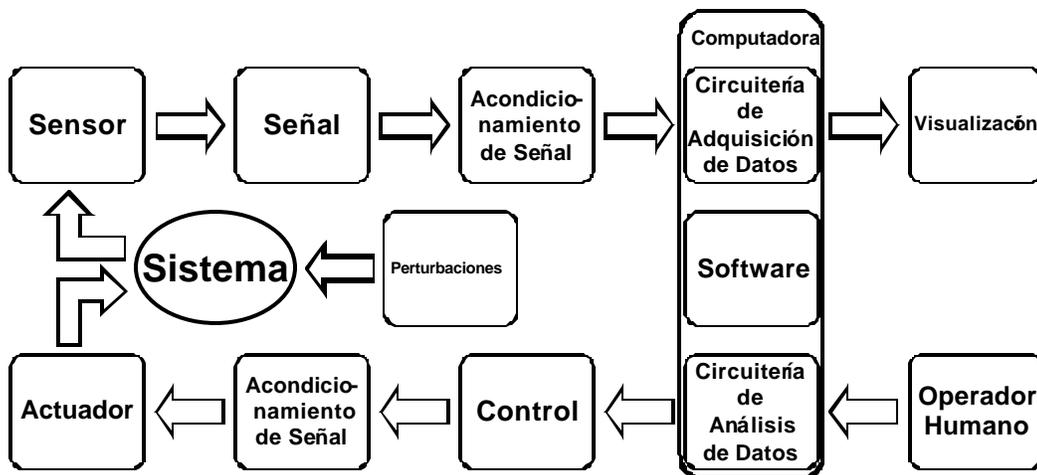


Figura 9. Sistema de adquisición de datos y control.

La Computadora

La computadora que se utilice en el sistema de adquisición determinará la velocidad de proceso del sistema. Las aplicaciones que requieran un proceso en tiempo real de señales de alta frecuencia necesitarán computadoras potentes, a menudo con procesadores dedicados (Digital Signal Processing). En otras aplicaciones más simples, en que no haga falta adquirir tantas muestras por segundo, podrán utilizarse procesadores más lentos.

Los Transductores

El transductor es capaz de sensar el fenómeno físico y suministrar una señal eléctrica que pueda ser aceptada por el sistema de adquisición. Por ejemplo, un termopar transforma una temperatura en una señal eléctrica analógica, que convertida en digital mediante un convertidor analógico-digital (ADC), puede ser tratada por la computadora.

El Acondicionamiento de la Señal

En la mayoría de los casos, la señal eléctrica generada por el transductor tiene que ser tratada, convertida o escalada de forma que pueda ser aceptada por el sistema

de adquisición. Las formas más comunes de acondicionamiento de la señal son la amplificación, la linealización y el aislamiento.

- a) La amplificación. Hay que tener en cuenta que, para disponer de una resolución máxima, la señal tiene que ser amplificada de manera que la tensión máxima alcanzable sea igual al valor máximo del rango de entrada del ADC.
- b) La linealización. Otra tarea de acondicionamiento es la linealización. Muchos transductores presentan una respuesta no lineal a los cambios de la magnitud física bajo medida. En estos casos, con el fin de tener una medida suficientemente significativa, hay que realizar un proceso de linealización mediante módulos circuitales específicos o bien mediante programas adecuados de cálculo numérico.
- c) El aislamiento. Otra aplicación común de los circuitos de acondicionamiento es el aislamiento de las señales procedentes del transductor para la seguridad de la computadora. El sistema físico que se tiene que monitorear puede presentar transitorios de alto voltaje que podrían estropear el sistema de adquisición o dañar el operador. Una razón adicional para el uso del aislamiento es asegurarse que las lecturas realizadas por el sistema de adquisición no queden afectadas por posibles diferencias de voltajes en modo común. Cuando la entrada de datos del sistema de adquisición y la señal que quiere adquirirse tienen la misma referencia de tierra no hay problemas. Pero la situación se complica si hay diferencias entre las dos referencias, pues se establece el llamado “ground loop”, que producirá una representación poco esmerada de la señal adquirida. La utilización de los sistemas de aislamiento elimina los “ground loops” y asegura la adquisición correcta de la señal.

Los circuitos de acondicionamiento se utilizan también para filtrar señales no deseadas. Estos circuitos suelen incorporar filtros pasa-bajos con el fin de eliminar

señales de alta frecuencia que puedan producir datos erróneos. En algunos casos, los circuitos de acondicionamiento proporcionan la alimentación para determinados transductores.

La Circuitería de Adquisición de Datos

El esquema más simple de adquisición de datos tiene que incorporar, como mínimo, una tarjeta que se ocupe de adquirir la señal analógica y que realice la conversión digital. La elección más popular es la utilización de las llamadas tarjetas de adquisición. Las características más relevantes de las tarjetas se centran en los siguientes aspectos:

- Entradas analógicas. Hacen referencia al número de canales analógicos de entrada que soporta la placa.
- Salidas analógicas. Es la Circuitería que se necesita para poder proveer de estímulos el sistema de adquisición de datos.
- Entradas y salidas digitales. Hacen referencia al número de entradas y salidas digitales que soporta la placa. Las interfaces de entrada y salida digitales se utilizan en los sistemas de adquisición de datos basados en ordenador para realizar el control de procesos, generar patrones de prueba y posibilitar la comunicación con el equipo periférico.

La Circuitería de Análisis

La capacidad de procesamiento de las computadoras personales actuales se ha incrementado hasta el punto de tener la potencia de cómputo suficiente para muchas aplicaciones de adquisición de datos y de análisis de resultados. Hay aplicaciones en que el microprocesador de la computadora no puede procesar los datos con la rapidez suficiente para responder a las señales del mundo real. En otras aplicaciones ha involucrado operaciones ingentes de cálculo numérico, que hacen que el usuario necesite períodos de tiempo largos para obtener los resultados. Por eso, en muchos

casos se hace necesaria la utilización de módulos circuitales específicos de análisis basados en procesadores de señal, que realizan los cálculos a la misma velocidad que el procesador del propio ordenador. Mientras este nuevo dispositivo realiza su tarea de cálculo, el procesador del ordenador ejecuta el programa de aplicación.

Actualmente, los procesadores digitales de señal disponibles presentan características diversas, especialmente de precisión y de formato. Los más adelantados son procesadores de 32 bits con formato de punto flotante. Una indicación de la potencia de cálculo de un procesador digital de señal de estas características es el número de operaciones en punto flotante que puede realizar por segundo.

La potencia de cálculo de estos módulos circuitales es útil en diversos campos; en cualquier aplicación que requiera alta velocidad de ejecución, aplicaciones que traten con señales de alta frecuencia y necesiten respuestas en tiempo real.

Los Softwares

Los programas transforman el ordenador y la circuitería de adquisición de datos en un sistema completo de adquisición, análisis y presentación de resultados, en que también es factible implementar algoritmos de control. De hecho, la circuitería de adquisición sin los softwares adecuados es inoperante, y lo mismo se podría decir de los programas sin la circuitería adecuada.

Se podría hablar de tres posibilidades a la hora de programar el hardware de un sistema de adquisición de datos.

La primera posibilidad es programar directamente los registros del hardware del sistema. Ésta es la opción más flexible para el diseñador, pero, por otra parte, suele ser la más cara, ya que la realización de cada aplicación requiere de mucho tiempo.

La segunda posibilidad es utilizar drivers. Los drivers son programas que simplifican el proceso de desarrollo de software para la adquisición de datos, y aportan funciones de alto nivel que pueden ser usadas por los lenguajes de programación convencionales. Si se utilizan los drivers adecuados se puede llegar a tener la misma flexibilidad de programación que en el caso anterior, pero con un ahorro de tiempo importante.

La tercera posibilidad para programar el sistema de adquisición es utilizar software de aplicación. Estos softwares añaden altas capacidades de análisis y de presentación a los drivers de los cuales se habló en la anterior posibilidad y, al mismo tiempo, permiten integrar el control de instrumentos con los buses de instrumentación estándares GPIB y VXI, y también con instrumentos que tengan un puerto de comunicación RS-232. Un ejemplo de estos softwares lo constituye el LabVIEW, de National Instruments, con una nueva metodología de programación gráfica que permite desarrollar aplicaciones de adquisición, de instrumentación y de control.

Definición de Instrumento

Si el objetivo es hablar de instrumentos reales, virtuales y de sistemas de instrumentación, aprender a construir instrumentos que interaccionen con las señales del mundo real y a crear interfaces para poder observar, medir y controlar los aspectos del mundo que nos rodea, entonces quizá primero tendríamos que buscar una definición de lo que se entiende por instrumento.

Un instrumento, según el gran diccionario de las ciencias Larousse (Galiana, 1987), “es una herramienta útil de trabajo. Dispositivo o aparato para efectuar medidas”. En nuestro contexto, se podría añadir que es una herramienta que, si se observa y se controla, podemos utilizarla para aprender y conocer mejor el universo que nos rodea.

En general estamos acostumbrados a trabajar con instrumentos independientes en forma de cajas negras que utilizamos para realizar determinadas mediciones. Estos instrumentos que nos resultan más familiares pueden llegar a ser demasiado rígidos a la hora de configurar nuevas metodologías para poder desarrollar alternativas de medida. Los instrumentos modernos ya están pensados para ser integrados en sistemas de instrumentación, que combinan la potencia del cálculo y la flexibilidad de operación de las computadoras, los softwares y los instrumentos programables especializados. Por lo que un instrumento puede tomar diferentes formas: desde la forma más simple, constituida por un módulo tradicional, hasta un sistema complejo, basado en computadora, que se compone de diferentes elementos de hardware y software, construido para una aplicación determinada. La Figura 10 nos muestra la misión de un instrumento.

El desarrollo tecnológico a todos los niveles que se ha producido en los últimos años, especialmente en el campo de la electrónica, hace que las empresas y los centros de investigación dispongan de instrumentos cada vez más competitivos. Desde un punto de vista muy particular, esta característica se mantendrá en tanto que el instrumento sea más fácil de utilizar, se integre sin complicaciones en un sistema de medida basado en computadora y sea flexible, es decir, que se adapte fácilmente a las necesidades de cambios en la metodología de medida. De esta manera se dispondrá de instrumentos y de sistemas de instrumentación especializados para cada campo, abiertos a diferentes configuraciones de medida.

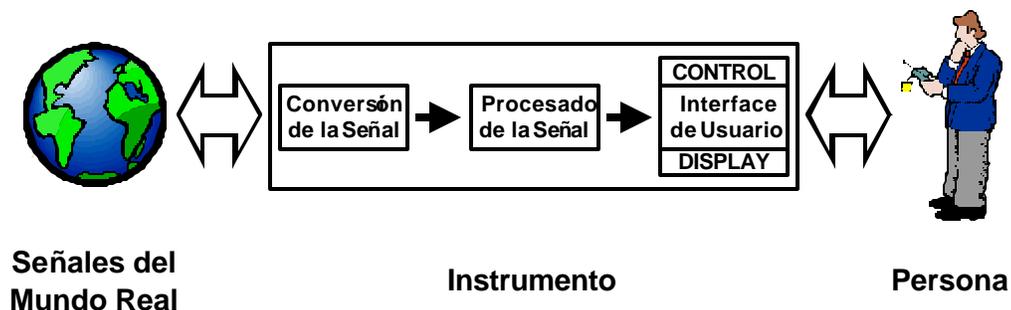


Figura 10. Esquema de la misión del instrumento como nexo entre el mundo que nos rodea y las personas.

El Instrumento Virtual

Cuando se habla de instrumento de medida lo asociamos a una caja que dispone de un panel frontal con botones, diales y visualizadores, que nos permite manipularlo. Dentro de la caja encontraremos toda la circuitería electrónica capaz de procesar la señal de entrada que queremos analizar.

Un instrumento virtual no es más que un módulo de software que intenta simular cada uno de los aspectos funcionales del instrumento real basándose en todos los dispositivos físicos que pueden ser accesibles para el ordenador (tarjetas de adquisición, tarjetas DSP, instrumentos accesibles vía GPIB, VXI, RS-232, etc.). Cuando se ejecuta un programa que representa un instrumento virtual, el usuario ve en la pantalla el panel que correspondería al instrumento físico y que permite su visualización y control

Hasta hace poco, la construcción de un instrumento virtual podía realizarse con paquetes de programas que nos ofrecían un conjunto de facilidades (funciones de alto nivel y la incorporación de elementos gráficos), que simplificaban la tarea de programación y de elaboración del panel frontal. De todos modos, el cuerpo del programa continuaba basándose en el texto, lo que significaba invertir mucho tiempo en detalles de programación que no revertían en la finalidad real del instrumento. Con la aparición de los paquetes de programación gráfica, como el LabVIEW de National Instruments, el proceso de creación del instrumento virtual se simplifica y se minimiza el tiempo de desarrollo de las aplicaciones.

Por ejemplo, cuando se diseña un instrumento con LabVIEW, se dispone de dos ventanas, una donde se implementa el panel frontal (Figura 11), y otra que soporta el nivel de programación También llamada diagrama de bloques (Figura 12).

Para la construcción del panel frontal se dispone de una librería de controles, indicadores, gráficos, etc., y la posibilidad de que el propio usuario genere más. Cuando un control se inserta desde la librería en el panel frontal, se genera una

variable tal que sus valores son determinados por el ajuste que el usuario haga desde el panel y se representan en la pantalla según el modelo escogido. El nivel de programación permite relacionar muchos bloques funcionales con las variables del panel frontal, lo que nos permite diseñar la aplicación y obtener y visualizar los resultados que nos interesen. Los bloques funcionales del nivel de programación se representan en forma de iconos, que se interconectan entre sí mediante cables virtuales por donde fluyen los datos.

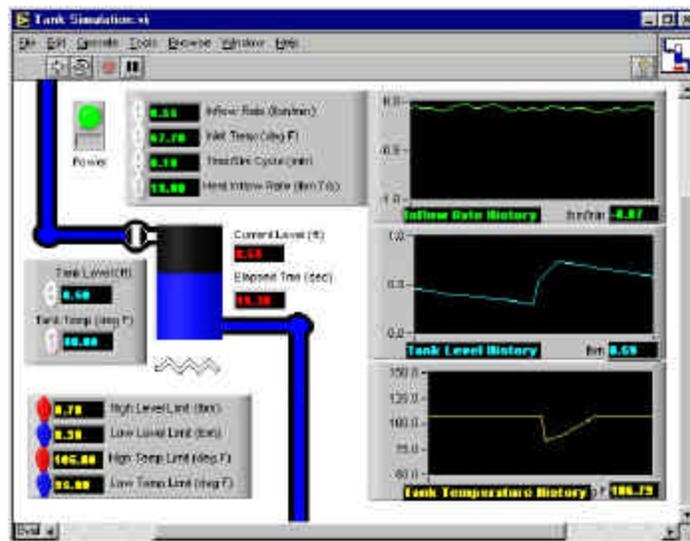


Figura 11. Ventana del panel frontal en LabVIEW de National Instruments.

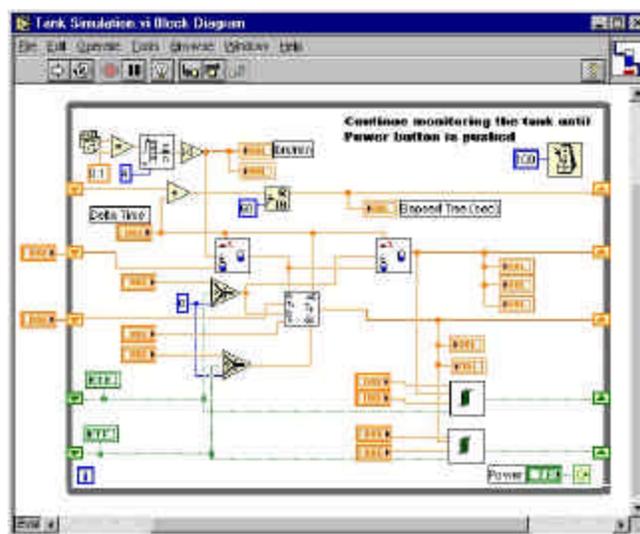


Figura 12. Ventana del diagrama de bloques en LabVIEW de National Instruments.

Materiales Propuestos

Interfase de Red (NI FP-1000)



El FP-100 de National Instrument es un modulo de red para el sistema de entrada/salida Field Point (FP). El modulo de red se conecta a un nodo de hasta nueve módulos de entrada/salida a una red RS-232. Una red consiste de hasta 25 nodos de red para un total de 225 módulos de entrada/salida.

El modulo de red FP-1000 maneja las comunicaciones entre una computadora u otro modulo FP-1000 y los módulos de entrada salida vía local, formado un bus de alta velocidad formado por las bases terminales. El modulo de red también provee alguna funciones de diagnóstico y autoconfiguración, instalación simplificada, uso y mantenimiento.

Especificaciones:

Interfase	1 puerto RS-232; 1 puerto RS-485
Tasa de baudios (cambios)	de 300 a 9,600 b/s; de 19.2 a 115.2 kb/s
Número máximo de módulos I/O por banco	9 módulos I/O
Número máximo de bancos	25 bancos
Temperatura de operación	de -40 a 70 °C
Humedad relativa	de 10 a 90%, no condensable

Módulo de Entrada Analógica (NI FP-AI-100)



La serie FP-AI-100 de National Instruments consiste de módulos versátiles de entrada analógica para el sistema Field Point de entrada/salida. Se pueden utilizar estos módulos para monitorear milivolts, volts o corriente de entrada de una gran variedad de sensores y transmisores.

La serie FP-AI-100 incluye 8 o 16 canales terminales de entrada análoga con una resolución de 12 bits. La velocidad de actualización del FP-AI-100 depende del filtro de ruido y los rangos que van de 0.17 a 1.5 s.

Especificaciones:

Canales de entrada	8 canales analógicos
Rangos de entrada	Voltaje de 0 a 1 V hasta 0 a 30 V Corriente de 0 a 20 mA hasta 4 a 20 mA
Resolución	12 bits
Requerimientos de poder	350 mW (del módulo de interfase)
Temperatura de operación	de -40 a 70 °C
Humedad relativa	de 10 a 90%, no condensable

**Módulo de Salida Analógica
(NI FP-AO-210)**



La serie FP-AO-200 de National Instruments consiste de modulos análogos para Field Point que proveen corriente o voltaje de salida programable. El NI FP-AO-210 provee de ocho salidas de 0 a 10 V.

Especificaciones:

Canales de salida	8 canales analógicos
Rangos de salida	Voltaje de 0 a 10 V
Resolución	2.5 mV
Requerimientos de poder	350 mW (del módulo de interfase)
Temperatura de operación	de -40 a 70 °C
Humedad relativa	de 10 a 90%, no condensable

Accesorios

Batería para Módulo de Salida Analógica (NI FP-PS-1)



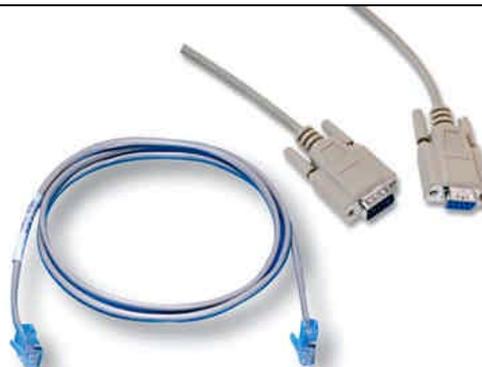
Batería auxiliar para el módulo de salida analógica

Bases para Módulos (NI FP-TB-1)



Bases donde estarán los diferentes módulos de entrada/salida así como la interfase de red y la batería

Accesorios de Instalación

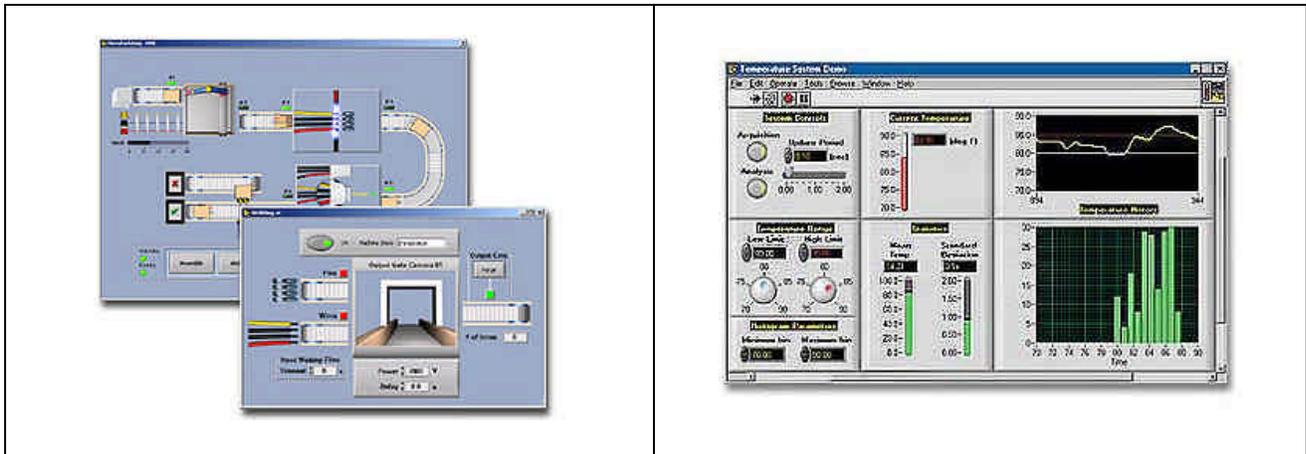


Cables para interconexión entre los diferentes módulos así como de los electrodos a los módulos de entrada/salida

LabVIEW



LabVIEW es un paquete de software de National instruments que permite controlar un sistema determinado y presentar los resultados a través de paneles frontales gráficos interactivos, pudiéndose publicar los datos en una red.



La versión NI Developer Suite Profesional Edition contiene los siguientes componentes:

- ◆ LabVIEW Profesional Development System (PDS)
- ◆ Measurement Studio Full Development System (FDS)
- ◆ Add-On Software CD
- ◆ Interchangeable Virtual Instruments (IVI) Driver Toolset

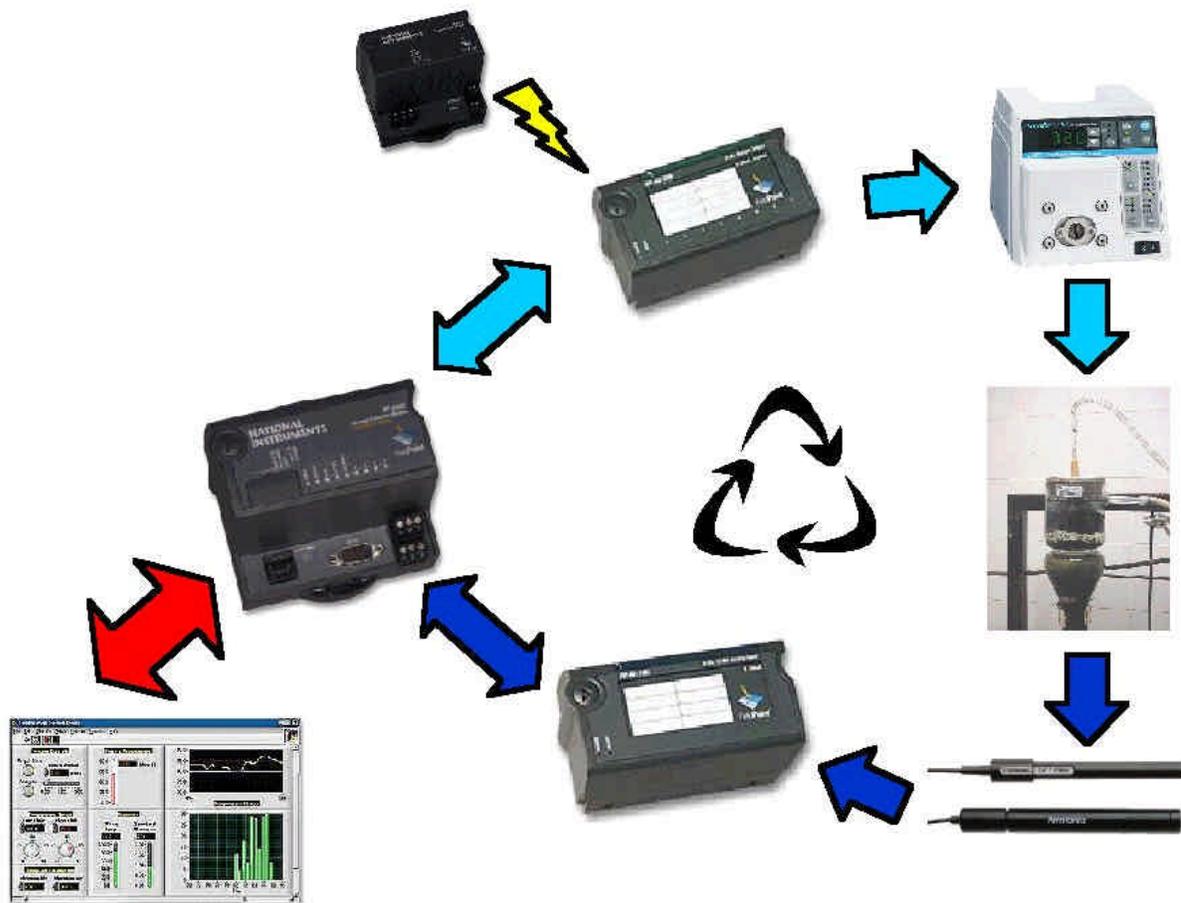
Reactor EGSB

Es un reactor que ha estado siendo monitoreado de manera tradicional esto es con trabajo de laboratorio, para determinar las siguientes variables: temperatura, pH, alcalinidad, producción de biogás, DQO_T y DQO_S , AGVs y SST.



Montaje Propuesto

El montaje del sistema se realizará de la siguiente manera:



Variables determinadas serán medidas por electrodos específicos, de los cuales pasara una señal analógica a módulo de entrada, registrándose esta señal en el módulo de interfase y representando la variable de manera gráfica en una computadora. Por otro lado, en base a la señal de entrada se generara una señal de salida la cual pasara de la computadora a la interfase de red que será la que se encargue de mandarla al módulo de salida analógica y este a su vez a una bomba o bombas que son activadas con esta señal para realizar su trabajo de dosificación de reactivos, control de flujo, etc. Repitiéndose este ciclo de manera continúa hasta el final del experimento.

Conclusiones

1. Las plantas de tratamiento de aguas residuales son factibles de ser instrumentadas para controlarlas automáticamente mediante un adecuado programa de monitoreo.
2. Existen, hoy en día, en el mercado, instrumentos y equipo que son de fácil instalación para la instrumentación, el control y la adquisición de datos, pero el problema está en definir el tipo de aplicación y encontrar el equipo con las características necesarias. Otros problemas son el costo de adquisición y de instalación.
3. Los puntos de desarrollo de la instrumentación, el control y la adquisición de datos serían en lo referente a sensores y a la interfaz de usuario, es decir al software donde se le va a dar la interpretación y la visualización de los resultados obtenidos en las diferentes determinaciones.

Bibliografía

- Bailey, J.E., and D.F. Ollis, (1985). Instrumentation and Control. *In: **Biochemical Engineering Fundamentals***. 2nd edition. McGraw-Hill, Singapore.
- Edgar, T.F., C.L. Smith, F.G. Shinskey, G.W. Gassman, P.J. Schafbuch, T.J. McAvoy, and D.E. Seborg, (1999). Process Control. *In: R.H. Perry and D.W. Green. **Perry's Chemical Engineers' Handbook***. 7th edition. McGraw-Hill.
- Galiana, Tomás de, (1987). **Gran Diccionario de las Ciencias en Color**. Ediciones Larousse, México.
- Lynggaard-Jensen, A., (1999). Trends in Monitoring of Waste Water Systems. *Talanta*, **50**: 707-716.
- Mandado, E., P. Mariño y A. Lago, (1996). **Instrumentación Electrónica**. Ed. Alfaomega-Marcombo, Colombia.
- Mànuel, A., D. Biel, J. Olivé, J. Prat y F.J. Sánchez, (2002). **Instrumentación Virtual: Adquisición, Procesado y Análisis de Señales**. Alfaomega, México.
- National Instruments (2003). **LabVIEW 7 Express**. Evaluation Software. National Instruments Corporation.
- National Instruments (2003). **Measurement and Automation**. Catalog. National Instruments Corporation.
- Pallas, R., (2001). **Sensores y Acondicionadores de Señal**. Alfaomega-Marcombo, México.
- Saucedo, S., y J.L. Rodríguez, (1985). **Control Automático de Procesos**. 2ª edición. Instituto Politécnico Nacional, México.